



TUGAS AKHIR - RE 141581

**STUDI REDUKSI SULFUR DIOKSIDA
UDARA AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA
HIJAU UNTUK WILAYAH PUSAT KOTA,
PERKANTORAN DAN PERMUKIMAN DI
KOTA SURABAYA**

**SETIA NINGSIH
3313100046**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - RE 141581

**STUDI REDUKSI SULFUR DIOKSIDA UDARA
AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA HIJAU
UNTUK WILAYAH PUSAT KOTA,
PERKANTORAN DAN PERMUKIMAN DI KOTA
SURABAYA**

**SETIA NINGSIH
3313100046**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - RE 141581

**STUDY OF SULPHUR DIOXIDE AMBIENT
REDUCTION BY GREENSPACE IN CITY
CENTRAL, OFFICE AND RESIDENTAL AREAS
OF SURABAYA**

SETIA NINGSIH
3313100046

SUPERVISOR
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI REDUKSI SULFUR DIOKSIDA UDARA AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA HIJAU UNTUK WILAYAH PUSAT KOTA, PERMUKIMAN DAN PERKANTORAN DI KOTA SURABAYA

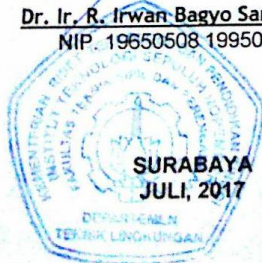
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
SETIA NINGSIH
NRP. 3313 100 046

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:


Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.
NIP. 19650508 199503 1 001



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Reduksi Sulfur Dioksida Udara Ambien oleh Ruang Terbuka Hijau untuk Wilayah Pusat Kota, Perkantoran dan Permukiman di Kota Surabaya” ini dengan tepat waktu. Tugas akhir ini dibuat guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Lingkungan, FTSP, ITS.

Dengan selesainya tugas akhir ini, tidak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah mengajar dan membimbing dengan penuh kesabaran.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.ScEs., Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph. D., dan Bapak Dr. Eng Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM., selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan masukan dan bimbingannya.
3. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

STUDI REDUKSI SULFUR DIOKSIDA UDARA AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA HIJAU UNTUK WILAYAH PUSAT KOTA, PERKANTORAN DAN PERMUKIMAN DI KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Setia Ningsih
NRP : 3313100046
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

ABSTRAK

Sulfur dioksida (SO_2) merupakan salah satu pencemar udara di Kota Surabaya. Belum adanya remediasi mengenai pencemar udara menjadi permasalahan dimana pencemar tersebut memiliki dampak yang cukup berbahaya meskipun dalam waktu paparan yang cukup singkat. Remediasi oleh Ruang Terbuka Hijau adalah salah satu teknik penanggulangan pencemaran udara yang memiliki kelebihan dari segi teknis yang sederhana sehingga lebih mudah untuk diaplikasikan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan pola perubahan konsentrasi SO_2 udara ambien untuk selang waktu 30 menit selama waktu paparan 24 jam, menentukan pengaruh proporsi ruang terbuka hijau terhadap rata-rata laju perubahan konsentrasi gas SO_2 dan nilai reduksi SO_2 selama waktu paparan 24 jam untuk wilayah pusat kota, perkantoran dan permukiman di Kota Surabaya. Digunakan *box model* untuk menentukan proporsi ruang terbuka hijau yang mampu mereduksi konsentrasi sulfur dioksida. Telah Ada penelitian yang membuktikan bahwa tumbuhan mampu menyerap kadar sulfur dioksida melalui stomata.

Hasil pada penelitian ini yaitu pola perubahan konsentrasi sulfur dioksida berfluktuatif setiap harinya dan terjadi puncak konsentrasi setiap harinya. Siang hari dan malam hari serta musim penghujan dan kemarau memiliki pengaruh. RTH mempengaruhi nilai reduksi sulfur dioksida, selain itu yang mempengaruhi nilai reduksi SO_2 yaitu faktor meteorologi (temperatur udara dan kelembaban udara).

Kata kunci : Model *Box*, pencemaran udara, remediasi, ruang terbuka hijau, SO_2

STUDY OF SULPHUR DIOXIDE AMBIENT REDUCTION BY GREENSPACE IN CITY CENTRAL, INDUSTRIAL, AND RESIDENTIAL AREAS OF SURABAYA CITY

Student name : Setia Ningsih
NRP : 3313100046
Department : Environmental Engineering
Guide Lecturer : Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

ABSTRACT

Sulphur dioxide (SO_2) is a substance that contributes to air pollution in Surabaya City. Lack of remediation moves becomes a concern when there are pollutants that have dangerous effects despite being exposed in quite a short time. Open Green Space is one of the air pollution remediation technique with an advantage in being simple and easily applicable.

The objective of this study is to determine the change in SO_2 concentration in ambient air for 30 minutes duration and to determine the effect of open green space proportion to average changing rate of SO_2 gas concentration and SO_2 reduction rate, both for 24 hours exposure time in city central, industrial, and residential area in Surabaya city. Box model is applied to determine the optimal proportion of open green space to reduce the concentration of sulphur dioxide. Existing study proved that plants are able to absorb sulphur dioxide through the stomata.

Result of this study is that the concentration pattern of SO_2 is fluctuative every day with peak concentration each day. Day, night, summer season and rainy season affect the change. greenspace and non greenspace don't affect the reduction value of sulfur dioxide. It is affected by meteorological cause (temperature and humidity).

Key words : Model Box, air pollution, remediation, open green space, SO_2

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pencemaran Udara	7
2.2 Baku Mutu udara Ambien WHO	8
2.2.1 Resiko terhadap kesehatan dalam waktu paparan kurang dari 24 jam.....	9
2.2.2 Resiko terhadap kesehatan dalam waktu paparan selama 24 jam	10
2.2.3 Resiko terhadap kesehatan dalam waktu paparan jangka panjang.....	10
2.3 Sifat fisik dan kimia Sulfur Dioksida (SO ₂)	11
2.4 Ruang terbuka hijau sebagai reduktor Pencemar Udara ..	14
2.5 Faktor Lain yang Mempengaruhi Konsentrasi Sulfurdioksida Udara Ambien	17
2.5.1 Konsentrasi SO ₂ dipengaruhi oleh Kecepatan Angin ..	19

2.5.2 konsentrasi SO ₂ dipengaruhi oleh suhu udara.....	20
2.5.3 Konsentrasi SO ₂ dipengaruhi oleh Kelembaban Udara	21
2.5.4 Konsentrasi SO ₂ dipengaruhi oleh Presentase RTH ..	22
2.6 Stasiun Pemantau Kualitas Udara di Surabaya.....	22
2.6.1 Definisi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien	22
2.6.2 Stasiun Pemantau Kualitas Udara Taman Prestasi	23
2.6.3 Metode Pengukuran Sulfur Dioksida.....	24
2.7 Nilai kumulatif konsentrasi SO ₂ selama 24 jam	25
2.8 Penggunaan lahan bukan ruang hijau sebagai sumber SO ₂	28
2.9 Efek akumulasi SO ₂ pada tanaman	30
2.10 Fitoreduksi Sulfat oleh Tanaman	33
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Deskripsi Umum.....	37
3.2 Kerangka Konseptual Penelitian.....	37
3.3 Variabel dan Parameter Penelitian	46
3.4 Tahapan Penelitian	46
3.5 Menentukan Batas Area Terwakili Titik Pengukuran	47
3.6 Observasi Pengukuran Area.....	47
3.7 Analisis Nilai Kumulatif SO ₂ Udara Ambien Selama 24 Jam (KSO ₂)	48
3.8 Analisis SO ₂ Rata-rata Udara Ambien Selama 24 Jam	48
3.9 Pembentukan Persamaan dari Hasil Analisa Korelasi	48
3.11 Penarikan Kesimpulan dan Saran	49
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	51

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	51
4.2 Pengumpulan dan Pemilahan Data	52
4.2.1 Inventarisasi citra <i>google earth</i>	53
4.2.2 Inventarisasi data konsentrasi SO ₂ dan data meteorologi.....	54
4.3 Pola Perubahan Konsentrasi Sulfur Dioksida.....	56
4.4 Korelasi dan Signifikansi Antara Data konsentrasi SO ₂ dengan Data Meteorologi.....	84
4.4.1 Uji Korelasi	84
4.4.2 Signifikansi (bermakna).....	87
4.5 Analisis Data Spasial	90
4.5.1 Perhitungan Dimensi <i>Box</i>	91
4.5.2 Rektifikasi citra satelit <i>google earth</i>	98
4.5.3 Delineasi citra satelit <i>google earth</i>	100
4.5.4 Menghitung Luasan dan Proporsi Ruang Terbuka Hijau dan Non RTH	103
4.6 Analisis Data Non Spasial	103
4.6.1 Konsentrasi	103
4.6.2 Menghitung Kumulatif Konsentrasi Sulfur Dioksida (KSO ₂)	104
4.7 Pengaruh Ruang Terbuka Hijau dan Non RTH serta Faktor Meteorologi terhadap Nilai Reduksi Sulfur Dioksida dengan Uji Signifikansi	108
4.8 Persamaan untuk Meningkatkan Nilai Reduksi SO ₂ Udara ambien	123
4.9 Kalibrasi Persamaan untuk Meningkatkan Nilai Reduksi SO ₂ Udara ambien.....	124

4.10 Implikasi Persamaan untuk Meningkatkan Nilai Reduksi SO ₂ Udara ambien	126
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	129
5.1 Kesimpulan	129
5.2 Saran.....	129
DAFTAR PUSTAKA.....	131
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gas Buang Industri yang Mengandung SO_x	12
Gambar 2. 2 Proses Terjadinya Hujan Asam	13
Gambar 2. 3 Tata Letak Jalur Hijau Jalan	15
Gambar 2. 4 Reduksi Polutan per Bulan di <i>Strasbourg City</i>	16
Gambar 2. 5 Hubungan Konsentrasi SO_2 dengan Jarak dari Emisi Boiler di PT X dalam Keadaan Tidak Stabil (siang hari) dan Stabil (malam hari)	18
Gambar 2. 6 Hubungan Konsentrasi SO_2 dengan Jarak dari Emisi Boiler di PT Y dalam Keadaan Tidak Stabil (siang hari) dan Stabil (malam hari) Tanggal 18 Agustus 2014.	19
Gambar 2. 7 Pengaruh Kecepatan Angin (m/s) terhadap Konsentrasi SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pada 4 Titik Pengamatan	19
Gambar 2. 8 Pengaruh Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$) terhadap Konsentrasi SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pada 4 Titik Pengamatan	20
Gambar 2. 9 Pengaruh Kelembaban Udara (%RH) terhadap Konsentrasi SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pada 4 Titik Pengamatan	21
Gambar 2. 10 Ilustrasi Model Box	25
Gambar 2. 11 Konsentrasi SO_2 Selama n Periode.....	26
Gambar 2. 12 Luasan Antara Kurva Laju Perubahan Konsentrasi $[\Delta C \Delta t]$ dan Garis $[\Delta C \Delta t = 0]$	27
Gambar 2. 13 Luasan (l) dengan Lebar Pias Sama	28
Gambar 2. 14 Hubungan Curah Hujan dan Konsentrasi SO_2 ...	30
Gambar 2. 15 Kondisi Meteorologi di Variansi	31
Gambar 2. 16 Reduksi Sulfat pada Daun	32
Gambar 3. 1 Kerangka Konseptual Penelitian	38
Gambar 3. 2 Penempatan Titik Koordinat Geografis.....	41
Gambar 3. 3 Kerangka Alur Penelitian	42
Gambar 3. 4 Penentuan Batas Area Pengukuran	47
Gambar 4.1 Citra Satelit Google Earth Tahun 2009.....	53

Gambar 4. 2 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 14 Juni 2004 Selama 24 Jam.....	59
Gambar 4.3 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 19 November 2009 Selama 24 Jam.....	62
Gambar 4. 4 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 19 Juli 2010 Selama 24 Jam.....	65
Gambar 4. 5 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 9 Mei 2011 Selama 24 Jam.....	68
Gambar 4. 6 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 25 Agustus 2012.....	71
Gambar 4.7 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 15 Juni 2012 ...	74
Gambar 4. 8 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 06 Februari 2013.....	77
Gambar 4.9 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 8 September 2016.....	80
Gambar 4.10 Pola Perubahan Konsentrasi SO ₂ 25 Desember 2016.....	83
Gambar 4. 11 Desain Model Box.....	91
Gambar 4. 12 hasil rektifikasi dengan Software “Global Mapper”	99
Gambar 4.13 Kurva Luasan Kumulatif Konsentrasi SO ₂	104
Gambar 4.14 Kurva Luasan Kumulatif Konsentrasi SO ₂ tanggal 14 Juni 2004	108
Gambar 4. 15 Grafik Korelasi antara y Riil dengan y Kalibrasi	124
Gambar 4. 16 Grafik Korelasi dengan Penghilangan <i>Outlayer</i> antara y Riil dengan y Kalibrasi.....	126

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Ambien untuk Industri dan Kegiatan Lainnya.....	7
Tabel 2.2 Paparan SO ₂ dan Pengaruhnya.....	10
Tabel 2.3 Reduksi Polutan oleh Tanaman per Tahun di Strasbourg City.....	13
Tabel 2.4 Analisis Pengaruh Kecepatan Angin, Suhu, dan Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi SO ₂	19
Tabel 2.5 Periode Pengukuran Parameter	20
Tabel 2.6 Hasil Korelasi Curah Hujan dengan Konsentrasi Udara Ambien	26
Tabel 2.7 Fumigasi dan Non Fumigasi pada Daun Bayam.....	34
Tabel 4.1 Inventarisasi Data Konsentrasi SO ₂ SPKU Taman Prestasi dari tahun 2004-2016.....	42
Tabel 4.2 Inventarisasi Data Meteorologi SPKU Taman Prestasi dari Tahun 2004-2016.....	44
Tabel 4.3 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 14 Juni 2004.....	45
Tabel 4.4 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 19 November 2009.....	48
Tabel 4.5 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 19 Juli 2010.....	51
Tabel 4.6 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 9 Mei 2011.....	54
Tabel 4.7 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 25 Agustus 2012.....	57
Tabel 4.8 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 15 Juni 2012.....	60
Tabel 4.9 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 06 Februari 2013.....	63
Tabel 4.10 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 8 September 2016.....	66
Tabel 4.11 Data konsentrasi SO ₂ pada tanggal 25 Desember 2016	69
Tabel 4.12 Data konsentrasi SO ₂ dan kelembaban udara pada tanggal 11 Juni 2004.....	72
Tabel 4.13 Hasil Korelasi antara konsentrasi dan kelembaban udara	

tanggal 11 Juni 2004	74
Tabel 4.14 Hasil Signifikansi antara konsentrasi dan kelembaban udara tanggal 11 Juni 2004.....	76
Tabel 4.15 Perhitungan Dimensi <i>Box</i> tanggal 11 Juni 2004.....	81
Tabel 4.16 Kumulatif Konsentrasi pada Tanggal 14 juni 2004.....	93
Tabel 4.17 Hasil Uji Signifikansi 41 Data Uji dan 21 Data Kalibrasi.....	109
Tabel 4.18 Besar Nilai Reduksi SO ₂ , Proporsi RTH dan non RTH serta faktor meteorologi Uji Signifikansi 1.....	111
Tabel 4.19 Besar Nilai Reduksi SO ₂ , Proporsi RTH dan non RTH serta faktor meteorologi Uji Signifikansi 2.....	115
Tabel 4.20 Hasil Uji Signifikansi Nilai Reduksi SO ₂ terhadap Unsur Ruang	117
Tabel 4.21 Serapan SO ₂ pada Tanaman Pohon	119
Tabel 4.22 Serapan SO ₂ pada Tanaman Semak	120
Tabel 4.20 Hasil Uji Signifikansi Nilai Reduksi SO ₂ terhadap Meteorologi.....	122
Tabel 4.24 Besar Nilai Reduksi SO ₂ , Proporsi RTH dan non RTH serta faktor meteorologi Data Kalibrasi.....	125

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Citra Satelit <i>Google Earth</i>	131
Lampiran 2 Dimensi <i>box</i>	134
Lampiran 3 Hasil Rektifikasi	137
Lampiran 4 Hasil Delineasi	142
Lampiran 5 Hasil Luasan dan Proporsi	143
Lampiran 6 Hasil Nilai Reduksi Sulfur Dioksida.....	146
Lampiran 7 Rekapitulasi Semua Data.....	149

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

SO₂ adalah suatu kelompok gas di atmosfer berbau tidak sedap yang banyak dijumpai di kawasan industri dengan menggunakan batubara dan kerkas sebagai sumber energi utamanya. Sulfur dioksida merupakan salah satu bentuk gas hasil kegiatan vulkanik, erupsi gunung berapi, sumber gas belerang alami, sumber air panas dan uap panas alami. Gas ini merupakan penyebab utama karat karena sangat reaktif terhadap berbagai jenis logam (membentuk senyawa logam sulfida). Di kawasan pertanian, gas-gas sulfur dioksida dapat merusak hasil panen. Sulfur dioksida di atmosfer dapat berubah menjadi kabut asam sulfat (H₂SO₄) dan partikulat sulfat (Siregar, 2006).

Dalam skala nasional telah dilakukan pengukuran kualitas udara ambien oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi pada beberapa lokasi di Indonesia, menunjukkan bahwa secara umum kadar SO₂ pada kota-kota besar di Indonesia memiliki kualitas yang buruk. Dari hasil ^{pengukuran} kualitas udara ambien tersebut, Kota Surabaya merupakan kota yang mempunyai tingkat pencemaran tertinggi (0,25 ppm) yang selanjutnya diikuti oleh Kota Jakarta (0,2 ppm) dan Kota Bandung (0,15 ppm). Dengan demikian, apabila dibandingkan dengan baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No.10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak bahwa di Jawa Timur kadar gas SO₂ yang boleh ada di udara ambien tidak boleh melebihi 0,1 ppm, maka Kota Surabaya memiliki kadar gas SO₂ yang melebihi baku mutu kualitas udara ambien (Sari, 2013). Selain itu hasil pengukuran kualitas udara ambien oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi di Kota Jakarta menunjukkan bahwa kualitas gas SO₂ di udara ambien relatif buruk jika dibandingkan dengan kualitas udara ambien di kota-kota Negara Asia lainnya. Sehingga di Kota Surabaya pengoperasian jaringan pemantauan kualitas udara ambien dilakukan berdasarkan tingkat konsentrasi pencemar dan peyebaran pencemar. Berdasarkan survey lokasi oleh Tim BAPEDAL Pusat, Tim Pemerintah Kota Surabaya bersama

dengan Tim BAPEDAL Jawa Timur ditetapkan lokasi penempatan Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien salah satunya yaitu *Fixed Station* Taman Prestasi yang terletak di Jalan Ketabang Kali mewakili wilayah pusat kota, permukiman dan perkantoran di Kota Surabaya. Digunakan SPKU Taman Prestasi karena SPKU Taman Prestasi merupakan satu-satunya SPKU yang mewakili pusat kota (Rini, 2006).

Pencemaran SO_2 di udara mempunyai dampak terhadap lingkungan baik langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung dari pencemaran SO_2 udara ambien adalah Sifat iritasi terhadap saluran pernafasan, menyebabkan bengkaknya membran mukosa dan pembentukan mukosa sehingga meningkatkan hambatan aliran udara pada saluran pernafasan. Kondisi ini akan menjadi lebih parah bagi kelompok yang peka, seperti penderita penyakit jantung atau paru-paru dan para lanjut usia. Selain itu dampak tidak langsungnya, peningkatan konsentrasi SO_2 menyebabkan pH air hujan menjadi lebih rendah sehingga menyebabkan korosif pada logam-logam dan rangka-rangka bangunan, dan berdampak pada penurunan temperatur global (*global warming*). Dengan konsentrasi 500 ppm SO_2 dapat menyebabkan kematian pada manusia. Konsentrasi SO_2 sampai 38 ppm pernah terjadi di Belgia mengakibatkan 60 orang tewas serta ratusan sapi dan ternak lainnya mati (Afandi, 2016). Mengingat pentingnya keberadaan ruang terbuka hijau untuk mengendalikan pencemaran udara dengan tingkat polusi yang tinggi, sehingga ruang terbuka hijau adalah komponen yang penting di dalam suatu perkotaan yang memiliki pencemaran SO_2 udara ambien pada khususnya.

Menurut (Mangkoediharjo, 2010) bahwa ruang terbuka hijau dikenal sebagai fitostruktur. Dimana fitostruktur adalah penempatan tumbuhan sebagai struktur ekosistem wilayah. Sebagai pembentuk struktur ekosistem wilayah, maka ruang terbuka hijau mempunyai dua parameter struktur yaitu luasan dan sebaran. Selain itu ruang terbuka hijau diartikan sebagai salah satu struktur komponen makhluk hidup yang dipastikan memiliki manfaat kehidupan tinggi dalam fungsi-fungsi teknis, ekonomi, finansial dan lingkungan. Ruang terbuka hijau biasanya tersebar pada sepanjang jalan, sepanjang aliran sungai, pada sekumpulan permukiman dan taman - taman kota. Sebaran ruang terbuka hijau

tiap kota adalah berbeda. Namun setiap kota di permukaan bumi mengalami kesamaan perlakuan sinar matahari, yaitu pergerakan sinar matahari dari timur ke barat dan intensitas sinar matahari lebih tinggi di dataran tinggi jika dibanding dengan dataran rendah. Luasan ruang terbuka hijau dalam peraturan baru yaitu Undang-Undang No.41 tahun 1999 tentang kehutanan, menetapkan bahwa luas ruang terbuka hijau minimum sebesar 30% dari luas daerah aliran sungai. Namun metode baru telah dikembangkan berdasarkan jumlah penduduk. Sehingga fungsi ruang terbuka hijau adalah menyerap sulfur dioksida yang dapat diperbandingkan dengan jumlah penduduk.

Sama halnya dengan karbondioksida, tumbuhan dapat menyerap polutan gas SO_2 ditandai dengan pembengkakan dari ruangan dalam tilakoid. Pada konsentrasi yang tinggi dengan paparan 5 ppm selama 24 jam, gas SO_2 dapat menyebabkan kerusakan pada klorofil. Dalam keadaan seperti ini molekul klorofil terdegradasi menjadi Mg^{2+} . Akibatnya terjadi perubahan karakteristik spektrum cahaya oleh molekul klorofil. (Pohan, 2006).

Sehingga untuk mengendalikan pencemaran gas SO_2 dengan kadar yang cukup tinggi di Kota Surabaya, maka perlu dilakukan penelitian mengenai remediasi SO_2 udara ambien oleh ruang terbuka hijau. Dilakukan kajian mengenai kemampuan ruang terbuka hijau di Kota Surabaya dalam menyerap gas SO_2 dengan menghitung berapa rata-rata konsentrasi dari gas SO_2 yang mampu diserap oleh tumbuhan. Karena seiring perkembangan jaman semakin sedikitnya ruang terbuka hijau di Kota Surabaya akibat pesatnya di bidang pembangunan kota.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No.10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak bahwa di Jawa Timur kadar gas SO_2 yang boleh ada di udara ambien tidak boleh melebihi 0,1 ppm. Dari hasil pengukuran kualitas udara ambien oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Kota Surabaya merupakan kota yang mempunyai tingkat pencemaran tertinggi (0.25 ppm).

Sehingga untuk mengendalikan pencemaran gas SO_2 dengan kadar yang cukup tinggi di Kota Surabaya, maka perlu dilakukan penelitian mengenai remediasi SO_2 udara ambien oleh ruang terbuka hijau dengan menentukan pola perubahan konsentrasi SO_2 udara ambien untuk selang waktu 30 menit selama waktu paparan 24 jam , pengaruh proporsi ruang terbuka hijau terhadap rata-rata laju perubahan konsentrasi dan kumulatif gas SO_2 nilai reduksi gas SO_2 selama waktu paparan 24 jam untuk wilayah pusat kota, perkantoran dan permukiman di Kota Surabaya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan pola perubahan konsentrasi SO_2 udara ambien untuk selang waktu 30 menit selama waktu paparan 24 jam untuk wilayah pusat kota, perkantoran dan permukiman di Kota Surabaya.
2. Menentukan pengaruh proporsi ruang terbuka hijau, non RTH dan faktor meteorologi terhadap nilai reduksi gas SO_2 selama waktu paparan 24 jam untuk wilayah pusat kota, perkantoran dan permukiman di Kota Surabaya.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wilayah studi dilakukan pada Taman Prestasi, terletak di Jalan Ketabang Kali (mewakili Surabaya Pusat sebagai daerah pusat kota, perkantoran, permukiman).
2. Parameter yang digunakan adalah SO_2 .
3. Emisi SO_2 yang dihitung adalah konsentrasi SO_2 yang diremediasi oleh ruang terbuka hijau untuk wilayah pusat kota, perkantoran, dan permukiman di Kota Surabaya.
4. Metode yang digunakan untuk perhitungan Emisi SO_2 adalah *Box Model*.
5. Menggunakan data spasial yang meliputi citra terektifikasi dari *google earth* dan data non spasial meliputi kecepatan angin, arah angin, temperatur dan

kelembaban serta pengukuran konsentrasi sulfur dioksida di SPKU Taman Prestasi untuk wilayah pusat kota, permukiman, dan perkantoran di Kota Surabaya.

6. Periode penelitian ini dilakukan sejak stasiun pemantauan kualitas udara ambien aktif dipergunakan yaitu dari tahun 2004 hingga 2016.
7. Arah *box* ditentukan oleh arah angin.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan pengembangan model untuk menentukan proporsi ruang terbuka hijau terhadap reduksi gas SO_2 udara ambien di Kota Surabaya.
2. Menjadi bahan masukan dan pertimbangan bagi pihak pengambilan kebijakan (Pemerintah Kota Surabaya) untuk merencanakan proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah pusat kota, permukiman, dan perkantoran di Kota Surabaya.

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara didefinisikan sebagai masuknya satu atau lebih kontaminan/polutan seperti debu, asap, bau, gas dan uap ke atmosfer dalam jumlah tertentu dan karakteristik tertentu serta dalam waktu tertentu pula yang dapat membahayakan kehidupan manusia, hewan, tumbuhan dan mengganggu kenyamanan dalam kehidupan (UNEP, 2007).

Yang dikatakan sebagai polutan adalah zat atau bahan yang kadarnya melebihi ambang batas serta berada pada waktu dan tempat yang tidak tepat, sehingga merupakan bahan pencemar lingkungan, misalnya bahan kimia, debu, panas dan suara. Polutan tersebut dapat menyebabkan lingkungan menjadi tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan akhirnya merugikan manusia dan makhluk hidup lainnya. Menurut Warner (2007), bahwa pencemaran udara berdasarkan sumbernya dikelompokkan menjadi 2 yaitu :

1. Polutan primer, terbentuk langsung dari emisi yang terdiri *particulate matter*, sulfur dioksida, nitrogen dioksida, karbon monoksida dan timbal
 2. Polutan sekunder, bentuk lanjut dari pencemar primer yang telah mengalami reaksi kimia di lapisan atmosfer yang lebih rendah. Yang termasuk pencemar sekunder adalah ozon.
- Dalam peraturan gubernur Jawa Timur no.10 tahun 2009 tentang baku mutu udara ambien dan emisi sumber tidak bergerak di Jawa Timur disebutkan bahwa :

Tabel 2. 1 Baku Mutu Ambien untuk Industri dan Kegiatan Lainnya

No	Parameter	Waktu Pema- paran	Baku Mutu	Metode Analisis *)	Peralatan *)
1	2	3	4	5	6
1	Sulfur dioksida (SO ₂)	24 jam	0,1 ppm (262 µg/Nm ³)	Pararosa- nilin	- Spectro photometer - SO ₂ Analyzer
2	Karbon Monoksida (CO)	8 jam	20,00 ppm (22,600 µg/Nm ³)	NDIR	CO Analyzer
3	Oksida Nitrogen (NO _x)	24 jam	0,05 ppm (92,5 µg/Nm ³)	Salzman, NIDR	- Spectro photometer - NO ₂ Analyser

Lanjutan Tabel 2.1

No	Parameter	Waktu Pemaparan	Baku Mutu	Metode Analisis *)	Peralatan *)
1	2	3	4	5	6
4	Oksidan (O_3)	1 jam	0,10 ppm (200 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Buffer Potasium Yodida	Spectro photometer
5	Debu	24 jam	0,26 mg/ Nm^3	Gravimetrik	Hi-Vol
6	Timah Hitam (Pb)	24 jam	0,06 mg/ Nm^3	Gravimetrik, Ekstraktif, Pengabuan	- Hi - Vol -AAS
7	Hidrogen Sulfida	30 menit	0,03 ppm	Methylen	Spectro
	(H_2S)		(42 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Blue	photometer
8	Amonia (NH_3)	24 jam	2,00 ppm (1360 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Indophenol	Spectro photometer
9	Hidrokarbon (HC)	3 jam	0,24 ppm (160 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Flame Ionization	- GC / FID - HC Analyzer

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur

2.2 Baku Mutu udara Ambien WHO

Menurut US EPA (2000), di banyak tempat di Eropa barat dan Amerika Utara, konsentrasi sulfur dioksida di wilayah perkotaan terus menurun dalam tahun-tahun belakangan atas hasil kontrol emisi dan perubahan penggunaan bahan bakar. Konsentrasi rata-rata tahunan di wilayah-wilayah tersebut sekarang umumnya berkisar antara 20-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.008-0.021 ppm), dengan rata-rata harian sangat jarang melebihi 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.044 ppm). Namun, di kota-kota besar dimana batu bara masih digunakan secara luas

sebagai bahan bakar penghangat maupun memasak rumah tangga, atau dimana ada sumber industri yang kurang dikontrol, konsentrasinya dapat menjadi 5-10 kali lipat nilai ini. Konsentrasi puncak periode rata-rata yang lebih pendek, dalam batasan 10 menit, dapat mencapai $1000-2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.35-0.70 ppm) dalam kondisi tertentu, seperti turunnya polutan ke tanah dari banyak titik sumber atau selama kondisi puncak dispersi di daerah perkotaan dengan banyak sumber.

2.2.1 Resiko terhadap kesehatan dalam waktu paparan kurang dari 24 jam

Informasi mengenai efek akut sulfur dioksida berasal dari percobaan ruang terkontrol pada sukarelawan. Sebagian besar penelitian ini telah dilakukan untuk periode paparan mulai dari beberapa menit sampai 1 jam, namun durasi yang tepat tidak penting karena respons terjadi sangat cepat, dalam beberapa menit pertama setelah dimulainya inhalasi. Efek yang diamati meliputi pengurangan FEV1 (volume udara di paru-paru selama pernafasan), meningkatkan resistensi saluran napas tertentu, dan gejala seperti mengi atau sesak napas. Efek semacam itu ditingkatkan dengan olahraga, yang meningkatkan volume udara yang terinspirasi sehingga memungkinkan sulfur dioksida menembus ke saluran pernafasan.

Berbagai sensitivitas telah ditunjukkan, baik di antara individu normal dan di antara mereka yang menderita asma, yang membentuk kelompok paling sensitif. Hubungan respons paparan terus-menerus, tanpa ambang batas yang jelas. Contoh hubungan keterpaparan-respons untuk subjek semacam itu, yang dinyatakan dalam istilah pengurangan FEV1 setelah pemaparan 15 menit, berasal dari studi oleh Linn et al., Hanya sedikit perubahan, tidak dianggap signifikansi klinis, terlihat pada $572 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (0,2 ppm); Pengurangan yang mewakili sekitar 10% dari awal FEV1 terjadi pada sekitar $1144 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (0,4 ppm); Dan pengurangan sekitar 15% terjadi pada sekitar $1716 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (0,6 ppm). Responnya tidak terlalu dipengaruhi oleh beratnya asma. Temuan ini konsisten dengan yang dilaporkan dari studi paparan lainnya. Dalam satu seri awal, bagaimanapun, perubahan kecil

pada resistensi saluran napas dilaporkan pada dua pasien asma pada $286 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (0.1 ppm)

2.2.2 Resiko terhadap kesehatan dalam waktu paparan selama 24 jam

Informasi tentang efek paparan rata-rata selama periode 24 jam terutama berasal dari studi epidemiologi dimana efek sulfur dioksida, partikel dan polutan terkait lainnya dipertimbangkan. Pembesaran gejala di antara panel pasien sensitif yang dipilih terjadi secara konsisten bila konsentrasi sulfur dioksida melebihi $250 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (0,087 ppm) dengan adanya partikulat. Temuan tersebut terutama terkait dengan situasi di mana emisi dari pembakaran batubara yang tidak efisien pada peralatan rumah tangga telah menjadi kontributor utama kompleks pencemaran.

Beberapa studi yang lebih baru, yang melibatkan sumber industri dan kendaraan campuran yang sekarang mendominasi, secara konsisten menunjukkan efek pada angka kematian (total, kardiovaskular dan pernafasan) dan penerimaan darurat rumah sakit untuk penyebab total pernapasan dan Penyakit paru obstruktif kronik pada tingkat paparan yang lebih rendah (rata-rata tingkat di bawah $50 \mu\text{g} / \text{m}^3$; kadar harian biasanya tidak melebihi $125 \mu\text{g} / \text{m}^3$). Hasil ini telah ditunjukkan, dalam beberapa kasus, untuk bertahan ketika tingkat asap hitam dan total partikel tersuspensi dikendalikan, sementara pada penelitian lain tidak ada upaya yang dilakukan untuk memisahkan efek polutan.

2.2.3 Resiko terhadap kesehatan dalam waktu paparan jangka panjang

Situasi serupa muncul sehubungan dengan efek eksposur jangka panjang, yang dinyatakan sebagai rata-rata tahunan. Penilaian sebelumnya meneliti temuan tentang prevalensi gejala pernafasan, frekuensi penyakit pernafasan, atau perbedaan nilai fungsi paru-paru di daerah dengan konsentrasi sulfur dioksida dan partikel yang kontras, sebagian besar di era pembakaran batu bara. Sulfur dioksida nilai rata-rata tahunan $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (0,035 ppm), bersama dengan partikel.

Studi yang lebih baru terkait dengan sumber industri, atau perkotaan yang berubah, telah menunjukkan efek buruk di bawah

tingkat ini, namun kesulitan utama dalam interpretasi adalah bahwa efek jangka panjang dapat dipengaruhi tidak hanya oleh kondisi saat ini tetapi juga oleh kualitatif. Dan pencemaran secara kuantitatif berbeda tahun-tahun sebelumnya. Studi kohort tentang perbedaan angka kematian antara daerah dengan tingkat polusi kontras menunjukkan bahwa ada hubungan yang lebih dekat dengan partikel daripada belerang dioksida.

Baku mutu Sulfur Dioksida

Paparan selama 24 jam : 125 µg/m³
 Paparan selama tahunan : 50 µg/m³

2.3 Sifat fisik dan kimia Sulfur Dioksida (SO₂)

Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak mudah terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif. Pembakaran bahan-bahan yang mengandung sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur oksida, tetapi jumlah relatif masing-masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Di udara SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah besar. Jumlah SO₃ yang terbentuk bervariasi dari 1 sampai 10% dari total SO_x (Havendri, 2008). Mekanisme pembentukan SO_x dapat dituliskan dalam dua tahap reaksi sebagai berikut :



Komponen yang normal terdapat di udara bukan SO₃ melainkan H₂SO₄, tetapi jumlah H₂SO₄ di atmosfer lebih banyak dari pada yang dihasilkan dari emisi SO₃. Hal ini menunjukkan bahwa produksi H₂SO₄ juga berasal dari mekanisme lainnya. Setelah berada di atmosfer sebagai SO₂, akan diubah menjadi SO₃ (Kemudian menjadi H₂SO₄) oleh proses-proses fotolitik dan katalitik. Jumlah SO₂ yang teroksidasi menjadi SO₃ dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari yang tersedia. Pada malam hari atau kondisi lembab atau selama hujan, SO₂ di udara diabsorpsi oleh tetesan air dan bereaksi pada kecepatan tertentu untuk membentuk sulfat (Jungers, et al., 2007).

Gas sulfur dioksida (SO_2) tidak berwarna dan berbau sangat tajam. Gas sulfur dioksida dihasilkan dari pembakaran senyawa-senyawa yang mengandung unsur belerang. Gas sulfur dioksida terdapat di udara biasanya bercampur dengan gas sulfur trioksida (SO_3) dan campuran ini diberi simbol sebagai SO_x .



Gambar 2. 1 Gas Buang Industri yang Mengandung SO_x

Sumber : Yuliasuti, 2008

Sepertiga dari jumlah sulfur yang terdapat di atmosfer merupakan hasil kegiatan manusia dan kebanyakan dalam bentuk SO_2 . Dua pertiga hasil kegiatan manusia sebagian besar dalam bentuk SO_2 . Satu pertiga bagian lagi berasal dari sumber-sumber alam seperti vulkano dan terdapat dalam bentuk H_2S dan oksida. Sedangkan pencemaran yang berasal dari sumber alam biasanya lebih tersebar merata. Tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber pencemaran SO_x , misalnya pembakaran arang, minyak bakar gas, kayu dan sebagainya. Sumber SO_x yang kedua adalah dari proses-proses industri seperti pemurnian petroleum, industri asam sulfat, industri peleburan baja dan sebagainya (Triyono, 2008).

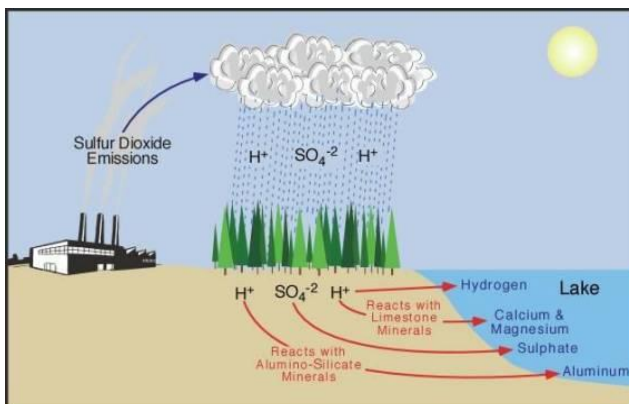
Pencemaran SO_x menimbulkan dampak terhadap manusia dan hewan, kerusakan pada tanaman terjadi pada kadar sebesar 0,5 ppm. Pengaruh utama polutan SO_x terhadap manusia adalah iritasi sistem pernafasan. Beberapa penelitian

menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada kadar SO_2 sebesar 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada kadar 1-2 ppm. SO_2 dianggap pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernafasan kardiovaskular. Individu dengan gejala penyakit tersebut sangat sensitif terhadap kontak dengan SO_2 , meskipun dengan kadar yang relatif rendah. Berikut tabel paparan SO_2 dan pengaruhnya terhadap manusia :

Tabel 2.2 Paparan SO_2 dan Pengaruhnya

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
3-5	Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya
8-12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan iritasi mata
50-100	Jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk kontak
400-500	Berbahaya meskipun kontak secara singkat

Sumber : Huang, et al., 2010



Gambar 2. 2 Proses Terjadinya Hujan Asam

Sumber : (Putri, 2013)

pH air hujan adalah 5,6 karena adanya CO_2 di atmosfer. Pencemar udara seperti SO_2 dan NO_2 bereaksi dengan air hujan membentuk asam dan menurunkan pH air hujan. Dampak dari hujan asam ini diantaranya yaitu mempengaruhi kualitas air permukaan, merusak tanaman, melarutkan logam-logam berat yang terdapat dalam tanah sehingga mempengaruhi kualitas air tanah dan air permukaan.

2.4 Ruang terbuka hijau sebagai reduktor Pencemar Udara

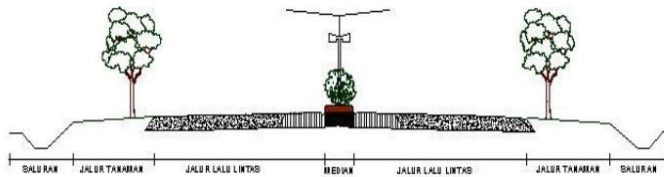
Pengertian ruang terbuka hijau, (1) adalah suatu lapang yang ditumbuhi berbagai tetumbuhan, pada berbagai strata, mulai dari penutup tanah, semak, perdu dan pohon (tanaman tinggi berkayu); (2) Sebarang lahan terbuka tanpa bangunan yang mempunyai ukuran, bentuk dan batas geografis tertentu dengan status penguasaan apapun, yang didalamnya terdapat tetumbuhan hijau berkayu dan tahunan, dengan pepohonan sebagai tumbuhan penciri utama dan tumbuhan lainnya (perdu, semak, rerumputan, dan tumbuhan penutup tanah lainnya), sebagai tumbuhan pelengkap, serta benda - benda lain yang juga sebagai pelengkap dan penunjang fungsi ruang terbuka hijau yang bersangkutan (Arini, 2010) .

Ruang Terbuka Hijau (RTH) kota adalah bagian dari ruang-ruang terbuka (*open spaces*) suatu wilayah perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman, dan vegetasi (endemik, introduksi) guna mendukung manfaat langsung dan/atau tidak langsung yang dihasilkan oleh RTH dalam kota tersebut yaitu keamanan, kenyamanan, kesejahteraan, dan keindahan wilayah perkotaan tersebut (Gratimah, 2009).

Menurut Undang-Undang No.26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang pasal 29 ayat 2, ruang terbuka hijau yang ideal paling sedikit 30% dari luas wilayah kota. Ruang terbuka hijau diperlukan untuk kesehatan, arena bermain, olah raga dan komunikasi publik. Pembinaan ruang terbuka hijau harus mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada.

RTH berfungsi ekologis, yang menjamin keberlanjutan suatu wilayah kota secara fisik, harus merupakan satu bentuk RTH yang berlokasi, berukuran, dan berbentuk pasti dalam suatu wilayah kota, seperti RTH untuk perlindungan sumberdaya

penyangga kehidupan manusia dan untuk membangun jejaring habitat hidupan liar. RTH untuk fungsi-fungsi lainnya (sosial, ekonomi, arsitektural) merupakan RTH pendukung dan penambah nilai kualitas lingkungan dan budaya kota tersebut, sehingga dapat berlokasi dan berbentuk sesuai dengan kebutuhan dan kepentingannya, seperti untuk keindahan, rekreasi, dan pendukung arsitektur kota.



Gambar 2. 3 Tata Letak Jalur Hijau Jalan

Sumber : Peraturan Pemerintah PU No.05 tahun 2008

Di *Strasbourg City* telah terbukti bahwa kemampuan tanaman dalam mereduksi polutan tertinggi diduduki oleh ozon. Berikut adalah tabel reduksi polutan oleh tanaman di *Strasbourg City* :

Tabel 2. 3 Reduksi Polutan oleh Tanaman per Tahun di Strasbourg City

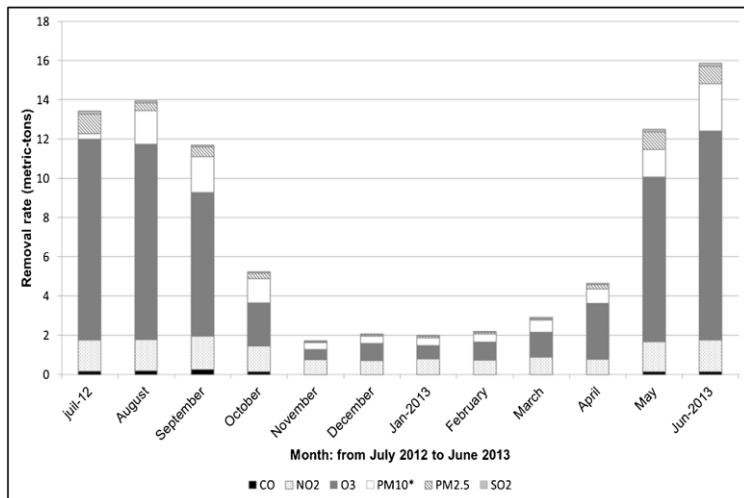
Pollutants	Annual air pollution removal rate			Air pollution removal in the in-leaf season		
	Min	t year ⁻¹	Max	Min	t year ⁻¹	Max
CO	1.20	1.20	1.20	1.07	1.07	1.07
NO ₂	8.22	13.84	17.14	3.21	8.83	12.13
O ₃	18.14	55.88	73.84	10.94	48.68	66.64
PM _{10(aeq)}	4.60	11.77	18.39	3.30	8.46	13.22
PM _{2.5}	0.61	4.51	9.11	0.55	4.08	8.25
SO ₂	0.64	1.04	1.62	0.30	0.70	1.29

Sumber : (Selmi, 2016)

Hasil penelitian di *Strasbourg City* (Selmi, et al., 2016; Weber, et al., 2016 dan Mehdi, et al., 2016) menyampaikan bahwa tanaman

pada ruang terbuka hijau dapat mereduksi paparan sulfur dioksida melalui penyerapan pada stomata pada konsentrasi sebesar 0,9 ppm. Jika tanaman banyak menyerap polutan maka memiliki hubungan positif, sebaliknya jika tanaman hanya sedikit dalam menyerap polutan maka memiliki hubungan negatif.

Sehingga dari tabel diatas dapat dibuat total reduksi polutan perbulan dari tahun 2012 hingga tahun 2013. Sehingga indikator dari tanaman jika terpapar oleh gas sulfur dioksida adalah stomata. Gas dapat tersuspensi oleh stomata dengan bantuan angin. Tanaman juga dapat mengurangi emisi polutan pada suhu yang relatif rendah. Banyak dijumpai di sepanjang jalan. Dari grafik 2.4 terlihat bahwa pada bulan Oktober-April mengalami penurunan reduksi polutan, akan tetapi mengalami kenaikan kembali pada bulan Mei. Realisasi ruang terbuka hijau di Surabaya, sama dengan kota-kota besar di Indonesia lainnya, yaitu kendala sulitnya ruang bagi ruang terbuka hijau.



Gambar 2. 4 Reduksi Polutan per Bulan di *Strasbourg City*

Sumber : (Selmi, 2016)

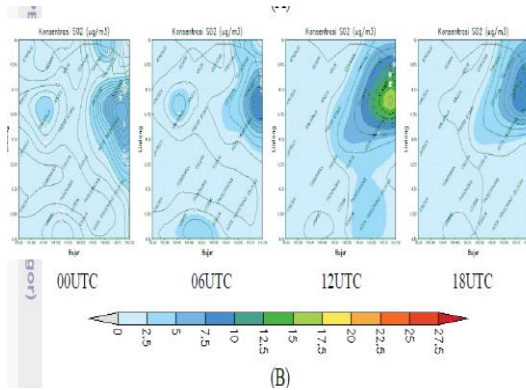
Kesulitan ruang diperkotaan seringkali disebabkan

menjamurnya perumahan kumuh karena tingginya tingkat urbanisasi, keberadaan sektor informal, akibat peningkatan kepadatan penduduk yang sangat cepat, atau pentingnya tujuan pembangunan berkelanjutan yang lain, sehingga banyak area ruang terbuka hijau alih fungsi menjadi guna lahan yang lain.

Sangat terbatasnya ketersediaan ruang bagi ruang terbuka hijau di perkotaan, seperti di Surabaya juga disebabkan harga tanah yang tinggi, kurangnya kemauan masyarakat untuk berpartisipasi, dan pelaksanaan regulasi perundangan - undangan yang kurang memperhatikan pentingnya ruang bagi kenyamanan hidup masyarakat didalam kota besar. Menurut (Hakim 2008), pemfungsian RTH masih punya makna pelengkap bagi kota, lebih parah lagi dianggap cadangan untuk penggunaan lahan di masa mendatang. Dari pernyataan-pernyataan diatas, maka pemerintah kota harus tegas dan konsisten dalam memanfaatkan ruang-ruang yang dapat difungsikan sebagai ruang terbuka hijau. Sehingga ruang terbuka hijau dengan luas yang sebanding dengan luas kota dan direncanakan dengan baik akan mampu memberikan kualitas lingkungan yang baik bagi masyarakat sekitarnya, disamping itu mempunyai nilai ekonomi, ekologi, edukatif dan estetis.

2.5 Faktor Lain yang Mempengaruhi Konsentrasi Sulfurdioksida Udara Ambien

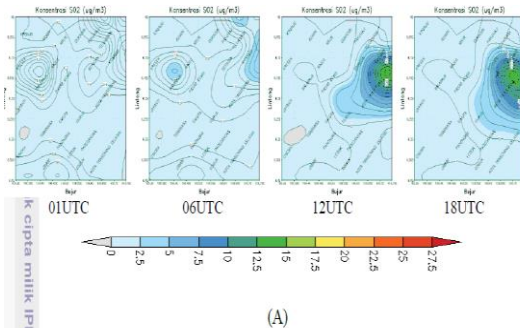
Terdapat beberapa unsur yang mempengaruhi konsentrasi polutan termasuk SO_2 di udara, antara lain yaitu faktor meteorologi yang meliputi kecepatan angin, suhu udara, dan kelembaban udara, faktor presentase RTH sebagai reduktor ataupun sumber emisi SO_2 dan juga faktor spasial yang meliputi citra *google earth* . Penelitian yang membuktikan bahwa faktor-faktor diatas turut mempengaruhi konsentrasi SO_2 udara ambien salah satunya dilakukan oleh Hutapea (2015), penelitian tersebut melihat pengaruh musim pada konsentrasi SO_2 yang terpapar pada masyarakat khususnya di musim kemarau pada wilayah sekitar boiler PT X di Tangerang dengan menggunakan model *Chimere*.



Gambar 2. 5 Hubungan Konsentrasi SO₂ dengan Jarak dari Emisi Boiler di PT X dalam Keadaan Tidak Stabil (siang hari) dan Stabil (malam hari)

Sumber: Hutapea, 2015

Hasil analisis menggunakan model *Chimere* menunjukkan sebaran konsentrasi sulfur dioksida per enam jam, hasil luaran model ditunjukkan pada gambar 2.6. Sebaran konsentrasi sulfur dioksida berbeda setiap hari dengan kisaran 0-27,5 $\mu\text{g m}^{-3}$. Konsentrasi sulfur dioksida di Kabupaten Tangerang nilai masih dibawah ambang batas. Hal itu menunjukkan bagi masyarakat yang menetap lebih dari satu tahun akan berpotensi terpajan sulfur dioksida yang cukup tinggi dan terakumulasi. Terdapat peningkatan konsentrasi selama periode analisis, dan di bulan tersebut wilayah Tangerang mengalami musim kemarau sehingga terdapat proses pencucian air hujan. Konsentrasi tinggi di daerah tersebut karena kontribusi industri dan transportasi yang cukup tinggi serta polutan yang terbawa oleh angin. Stabilitas atmosfer mempengaruhi sebaran konsentrasi sulfur dioksida di Kabupaten Tangerang. Sebaran konsentrasi kembali membesar ketika dalam keadaan stabil atau malam hari. Konsentrasi yang tinggi terjadi karena bertambahnya gerak vertikal yang mengakibatkan kemampuan atmosfer untuk pencampuran vertikal berkurang.

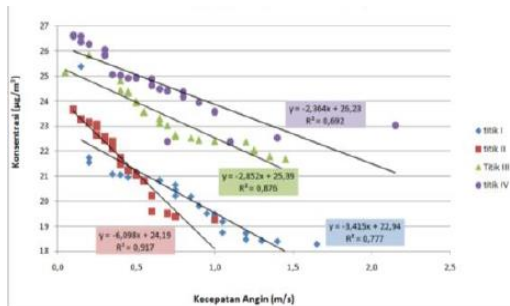


Gambar 2. 6 Hubungan Konsentrasi SO_2 dengan Jarak dari Emisi Boiler di PT Y dalam Keadaan Tidak Stabil (siang hari) dan Stabil (malam hari) Tanggal 18 Agustus 2014.

Sumber: Hutapea, 2015

2.5.1 Konsentrasi SO_2 dipengaruhi oleh Kecepatan Angin

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Istantinova, (2012), tentang pengaruh kecepatan angin terhadap konsentrasi SO_2 udara ambien dengan empat (4) titik sampling daerah sekitar PT. Inti General Yaja Steel di Kota Semarang dengan radius ± 500 m dari sumber pencemar.. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan pengaruh kecepatan angin terhadap konsentrasi SO_2 pada empat titik sampling ditunjukkan pada gambar 2.7



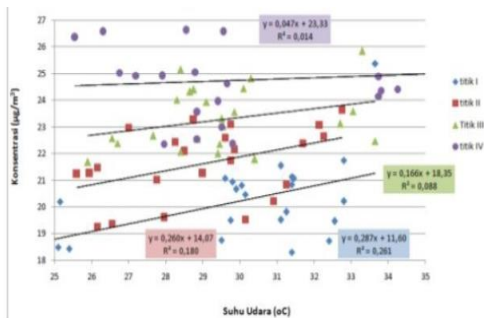
Gambar 2. 7 Pengaruh Kecepatan Angin (m/s) terhadap Konsentrasi SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pada 4 Titik Pengamatan

Sumber: Istantinova, 2012

Penelitian ini menyebutkan bahwa terjadi pengaruh pada konsentrasi SO_2 udara ambien saat kecepatan angin tinggi dan saat kecepatan angin rendah. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa hubungan antara kecepatan angin terhadap konsentrasi SO_2 pada keempat titik adalah berbanding terbalik, sehingga semakin besar kecepatan angin maka konsentrasi SO_2 semakin kecil. Hal tersebut disebabkan oleh akibat adanya pergerakan udara maka terjadi suatu proses penyebaran gas SO_2 yang mengakibatkan penurunan konsentrasi SO_2 .

2.5.2 konsentrasi SO_2 dipengaruhi oleh suhu udara.

Penelitian yang dilakukan oleh Istantinova, (2012) juga mengamati terhadap bagaimana pengaruh suhu udara terhadap konsentrasi SO_2 udara ambien dari empat (4) titik sampling yang sama dengan titik sampling saat mengamati pengaruh kecepatan angin. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan pengaruh suhu udara terhadap konsentrasi SO_2 pada empat titik sampling ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Pengaruh Suhu Udara ($^{\circ}\text{C}$) terhadap Konsentrasi SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pada 4 Titik Pengamatan

Sumber: Istantinova, 2012

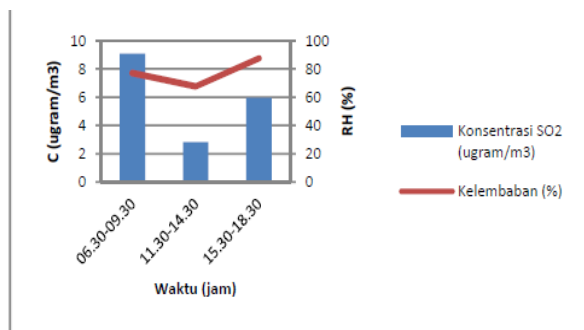
Grafik diatas menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 terbesar terjadi saat suhu udara rendah, sedangkan konsentrasi tinggi terjadi saat suhu udara tinggi. Sehingga antara suhu dan konsentrasi SO_2 berbanding lurus. Suhu udara tinggi menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hampir

sama dengan densitas udara di atasnya sehingga konsentrasi menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan.

Hal di atas terjadi karena adanya suhu yang tinggi akan mempercepat terjadinya penguraian (disosiasi) gas SO_2 . Semakin tinggi suhu udara maka jumlah gas SO_2 yang terdisosiasi menjadi S dan O_2 akan semakin banyak.

2.5.3 Konsentrasi SO_2 dipengaruhi oleh Kelembaban Udara

Telah dilakukan penelitian oleh Bamahry (2012) bahwa pengaruh kelembaban udara dalam mempengaruhi konsentrasi SO_2 . Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa terdapat adanya perbedaan pada konsentrasi SO_2 udara ambien saat kelembaban udara rendah dan saat kelembaban udara tinggi. Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan pengaruh suhu udara terhadap konsentrasi SO_2 pada empat titik sampling ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Pengaruh Kelembaban Udara (%RH) terhadap Konsentrasi SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pada 4 Titik Pengamatan

Sumber: Bamahry, 2012

Grafik tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kelembaban udara terhadap konsentrasi SO_2 adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi kelembaban udara maka konsentrasi

SO₂ semakin rendah. Hal ini disebabkan karena penguapan uap air yang ditransfer ke udara oleh naiknya suhu udara, sehingga konsentrasi SO₂ mengalami penurunan. Dari ketiga faktor yang diuji untuk melihat pengaruhnya terhadap konsentrasi SO₂, berikut ini pada tabel 2.4 dijabarkan tingkat signifikansi dari ketiga faktor tersebut.

Tabel 2. 4 Analisis Pengaruh Kecepatan Angin, Suhu, dan Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi SO₂

SO ₂ Dengan	Nilai R	Tingkat Hubungan	Signifikansi	Keterangan
Kecepatan Angin	- 0,958	Sangat Kuat	0,05 (<5%)	Signifikan
Kelembaban	- 0,321	Moderat	0,063 (>5%)	Tidak Signifikan
Suhu	0,425	Moderat	0,019 (<5%)	Signifikan

Sumber: Bamahry, 2012

2.5.4 Konsentrasi SO₂ dipengaruhi oleh Presentase RTH

Menurut Syamdermawan , (2012) bahwa hasil korelasi antara luasan ruang terbuka hijau dengan kadar sulfur dioksida memiliki nilai negatif yang berarti memiliki hubungan korelasi keeratan kuat antara kadar sulfur dioksida pada kawasan perumahan Kota Malang menengah ke atas dengan luasan ruang terbuka hijau. Nilai negatif pada nilai korelasi menandakan bahwa hubungan korelasi antara luasan ruang terbuka hijau dengan kadar sulfur dioksida berkebalikan. Yang dimaksud dengan berkebalikan yaitu bahwa semakin luas ruang terbuka hijau maka kadar sulfur dioksida semakin menurun.

2.6 Stasiun Pemantau Kualitas Udara di Surabaya

2.6.1 Definisi Stasiun Pemantau Kualitas Udara Ambien

Dalam Muzayanah (2016), dijelaskan tentang fungsi stasiun pemantau kualitas udara yaitu untuk mengetahui tingkat pencemaran udara, mengamati kecenderungan tingkat

pencemaran udara, serta memberikan informasi kepada masyarakat. Stasiun pemantau dilengkapi dengan container yang berisi AC (Air Conditioner) dengan alat pengukur kualitas udara, sistem pengukuran untuk data meteorologi, sensor untuk pemantauan suhu dan kelembaban dalam container, sistem control, unit sampel, penyediaan gas acuan, serta peralatan bantuan untuk aliran listrik dan transfer data. Stasiun pemantau dapat mengamati kualitas udara sekitarnya dalam radius 5 kilometer, stasiun pemantau ini bekerja secara kontinyu, otomatis dan terkontrol oleh sistem komputer. Parameter yang diukur dalam stasiun pemantau kualitas udara ambien di Kota Surabaya ada 16 (empat belas) parameter, yang terdiri dari 5 (lima) parameter kunci dan 11 (sebelas) parameter pendukung. Kelima parameter kunci yaitu antara lain adalah PM₁₀, SO₂, O₃, NO₂ dan CO. Sedangkan parameter pendukung dan meteorologi yang diukur meliputi NO, NO_x, kecepatan angin (FF), kecepatan hembusan angin (FF Boe), arah angin (DD), arah hembusan angin (DD Boe), kelembaban udara ambien, kelembaban udara container, suhu udara ambien, suhu container dan global radiasi. Tabel 2.5 dibawah ini menyajikan pengukuran 5 (lima) parameter utama.

Tabel 2. 5 Periode Pengukuran Parameter

Parameter	Waktu Pengukuran
Partikulat (PM ₁₀)	24 jam (periode pengukuran rata-rata)
Sulfur Dioksida (SO ₂)	24 jam (periode pengukuran rata-rata)
Karbon Monoksida (CO)	8 jam (periode pengukuran rata-rata)
Ozon (O ₃)	1 jam (periode pengukuran rata-rata)
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam (periode pengukuran rata-rata)

Sumber: Muzaynah, 2016

2.6.2 Stasiun Pemantau Kualitas Udara Taman Prestasi

Stasiun Pemantau Taman Prestasi terletak di tengah Kota Surabaya, tepatnya di dalam Taman Prestasi di Jl. Ketabang Kali. Stasiun ini termasuk stasiun pemantau lama yang ada di Kota Surabaya, mulai beroperasi sejak tahun 2004. Stasiun pemantau Taman Prestasi mewakili area pusat kota, permukiman dan perkantoran karena letaknya berdekatan dengan pusat Kota

Surabaya. Berikut pada gambar 2.9 Disajikan foto stasiun pemantau Taman Prestasi. Sedangkan pada gambar di lampiran disajikan area di sekitar SPKU Taman Prestasi yang didapat dari citra *Google Earth*. Area di sekitar SPKU Taman Prestasi pada tahun 2004 hingga 2016 banyak mengalami perubahan. Semakin ke arah 2016 lahan ruang terbuka hijau semakin berkurang dan banyak terdapat permukiman dan perkantoran.

Sedangkan pada gambar di lampiran disajikan area di sekitar SPKU Taman Prestasi yang didapat dari citra *Google Earth*. Area di sekitar SPKU Taman Prestasi pada tahun 2004 hingga 2016 banyak mengalami perubahan. Semakin ke arah 2016 lahan ruang terbuka hijau semakin berkurang dan banyak terdapat permukiman dan perkantoran.



Gambar 2.9 Taman Prestasi dan SPKU Taman Prestasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

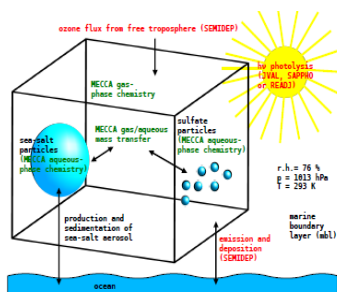
2.6.3 Metode Pengukuran Sulfur Dioksida

Berdasarkan hasil survey oleh Tim BAPEDAL Pemerintah Kota Surabaya bahwa alat pengukur yang berkerja secara terus menerus (APSA-360 dari Horiba) berdasar pada metode ultraviolet fluorescence. Pada saat sinar ultraviolet (220 nm) menghilangkan radiasi radiasi sampel yang mengandung SO₂, SO₂ akan menghasilkan sinar dengan panjang gelombang yang lebih panjang (320 nm) dibandingkan dengan sinar yang radiasinya sudah dihilangkan. Yang pertama disebut sebagai

sinar yang disebut sebagai excited light dan yang terakhir merupakan fluorescence. Konsentrasi sampel yang diukur intensitas fluorescence tersebut.

2.7 Nilai kumulatif konsentrasi SO₂ selama 24 jam

Selama ini belum ada penelitian mengenai sulfur dioksida yang memberikan informasi mengenai adanya proses reduksi sulfur dioksida yang terjadi selama periode tertentu. Dimana penelitian ini dilakukan dari tahun 2004-2016. Oleh karena itu, Penelitian mengenai konsentrasi sulfur dioksida belum bisa diketahui area mana yang mempunyai nilai reduksi terbesar dari sulfur dioksida. Nilai reduksi (remediasi) SO₂ udara ambien di suatu area bisa dihitung dengan teori model *box* (Sander, et.al., 2011). Ruang atau area yang akan dihitung diserupakan dengan bentuk kotak dengan ilustrasi pada gambar 2.12 dibawah ini. Pada konsep model *box* berlaku hukum kekekalan massa. Massa di dalam *box* tetap dan tidak terpengaruh oleh aktivitas di dalam *box*. Udara ambien di dalam *box* diasumsikan teraduk sempurna, sehingga konsentrasi di dalam *box* rata . Kecepatan angin diasumsikan rata tegak lurus pada dinding *box*.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Model Box

Sumber : Sander, et.al., (2011)

Dengan hukum kekekalan massa di dalam *box* (Δm) :

$$\Delta m = m_{in} - m_{out} - m_{emisi} - m_{reduksi} \dots \dots \dots (2.3)$$

Massa polutan udara per volume ambien dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta C = C_{in} - C_{out} - C_{emisi} - C_{reduksi} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Δm = ΔC = perubahan massa atau konsentrasi di dalam box

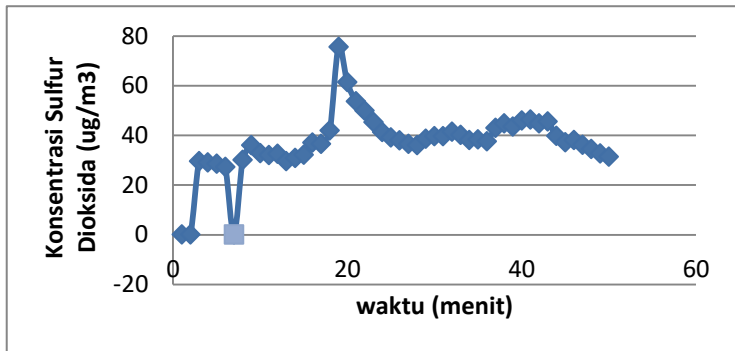
m_{in} = C_{in} = massa atau konsentrasi di masuk box

m_{out} = C_{out} = massa atau konsentrasi di keluar box

m_{emisi} = C_{emisi} = emisi massa atau konsentrasi di dalam box

$m_{reduksi}$ = $C_{reduksi}$ = reduksi massa atau konsentrasi di dalam box

konsentrasi sulfur dioksida di satu lokasi mengalami perubahan tiap saat (t). Contoh grafik perubahan sulfur dioksida disajikan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 11 Konsentrasi SO₂ Selama n Periode

Sumber : BLH Kota Surabaya

Nilai laju perubahan konsentrasi udara ambien selama satu rentang waktu adalah :

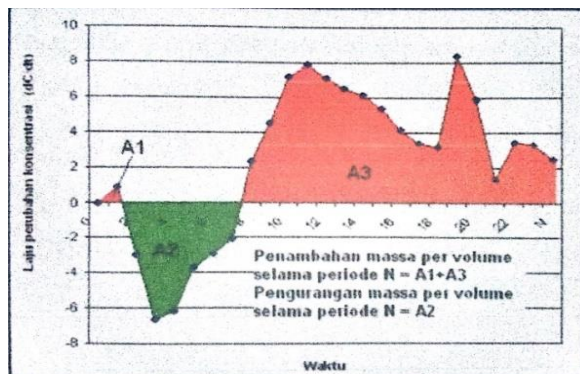
$$KSO_2 = \frac{\Delta C}{\Delta t} \dots \dots \dots (2.5)$$

ΔC adalah perubahan konsentrasi sulfur dioksida selama satu rentang waktu (Δt). Nilai laju perubahan konsentrasi didapatkan dari deferensial konsentrasi SO₂ dalam fungsi waktu., sehingga dapat dinyatakan dengan $\int \frac{\Delta C}{\Delta t}$.

Kumulatif konsentrasi SO₂ udara ambien selama satu periode didapatkan dari integrasi kurva laju perubahan konsentrasi selama satu periode. Kumulatif konsentrasi SO₂

setara dengan luasan antara kurva $\frac{\Delta C}{\Delta t}$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$. Menurut Santoso dan Mangkudihardjo (2012), luasan antara kurva $\frac{\Delta C}{\Delta t}$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$ dapat digunakan sebagai indikator reduksi suatu senyawa di udara ambien.

Gambar 2.14 menunjukkan luasan diatas kurva $[\frac{\Delta C}{\Delta t}]$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$ atau (A1+A3) bertanda positif (+), artinya konsentrasi SO2 udara ambien bertambah. Luasan dibawah kurva $[\frac{\Delta C}{\Delta t}]$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$ atau (A2) bertanda negatif (-), artinya konsentrasi SO2 udara ambien berkurang. Nilai kumulatif konsentrasi SO2 udara ambien selama periode n = (K_{PM10}) adalah jumlah penambahan dan pengurangan konsentrasi SO2 udara ambien selama periode tersebut atau nilai $K_{PM10} = A1+A3-A2$. Luasan kurva $[\frac{\Delta C}{\Delta t}]$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$ dapat dihitung dengan integrasi numerik. Satu metode integrasi numerik adalah metode trapesium banyak pias Chapra dan Chanale (1985) dalam Muzayanah (2016).



Gambar 2. 12 Luasan Antara Kurva Laju Perubahan Konsentrasi $[\frac{\Delta C}{\Delta t}]$ dan Garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$

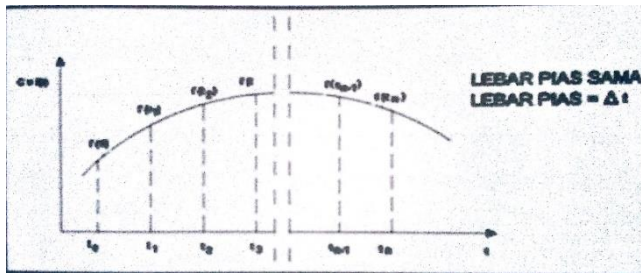
Sumber : Muzayanah, 2016

Gambar 2.12 menyajikan luasan (I) dengan lebar pias sama. Luasan antara kurva laju perubahan konsentrasi $\left[\frac{\Delta C}{\Delta t}\right]$ dan garis $\left[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0\right]$ atau K_{SO_2} dihitung dengan rumus berikut :

$$K_{SO_2} = \Delta C \frac{f(t_0) + f(t_1)}{2} + \Delta C \frac{f(t_1) + f(t_2)}{2} + \dots + \Delta C \frac{f(t_{n-1}) + f(t_n)}{2} \dots (2.6)$$

$$K_{SO_2} = \frac{\Delta C}{2} [f(t_0) + f(t_n) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(t_i)] \dots (2.7)$$

Nilai kumulatif konsentrasi SO_2 udara ambien selama satu periode (K_{SO_2}) dapat digunakan sebagai indikator proses reduksi SO_2 . Jika nilai K_{SO_2} bertanda negatif (-), artinya reduksi SO_2 lebih besar dari emisi SO_2 .



Gambar 2. 13 Luasan (I) dengan Lebar Pias Sama

Sumber : Muzayanah, 2016

Jika nilai K_{SO_2} bertanda (+), artinya reduksi SO_2 lebih kecil dari emisi SO_2 . Nilai SO_2 sama dengan nol (0) artinya proses reduksi maupun emisi SO_2 udara ambien berjalan seimbang. Dengan menghitung nilai K_{SO_2} sebagai indikator besarnya reduksi SO_2 udara ambien oleh RTH, maka dapat diketahui ketercukupan RTH pada area tersebut.

2.8 Penggunaan lahan bukan ruang hijau sebagai sumber SO_2

Penelitian terkait kualitas udara telah banyak dilakukan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode *time*

series ARIMA dengan prosedur *Box-Jenkins*, seperti yang dilakukan oleh Nuraini (2014), yang meramalkan kandungan PM_{10} berdasarkan stasiun pemantau Taman Prestasi. Penelitian lain pernah dilakukan oleh Desvina (2011), yang meramalkan PM_{10} di Kajang, Malaysia. Selanjutnya, Lee (2012), menggunakan model *seasonal* ARIMA dalam melakukan pemantauan. Apabila dilakukan pengamatan menggunakan data pengamatan per jam, maka akan ditemukan 2 pola musiman dalam data, yaitu harian dan mingguan.

Sehingga dapat digunakan model *Double Seasonal* ARIMA. Penelitian yang pernah dilakukan adalah meramalkan kualitas udara ambien berdasarkan parameter PM_{10} dengan 2 stasiun pemantau yang ada di Surabaya. PM_{10} dipilih karena dapat memberikan dampak secara signifikan pada makhluk hidup dan merupakan kandungan yang cukup tinggi dalam udara ambien Surabaya. Penelitian dilakukan dengan menggunakan analisis *time series* DSARIMA.

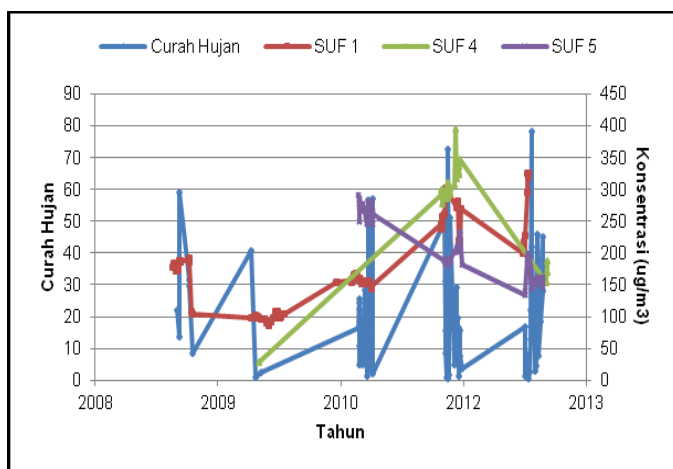
Analisis tersebut dipilih karena data pengamatan, yaitu kandungan PM_{10} dalam udara ambien, memiliki skala waktu per jam dan diamati selama satu tahun. Sehingga diduga bahwa data memiliki pola musiman ganda. Berikut hasil penelitiannya :

Tabel 2.6 Hasil Korelasi Curah Hujan dengan Konsentrasi Udara Ambien

Parameter Ambien	Nilai Korelasi		
	SUF 1	SUF 4	SUF 5
NO_2	-0,165	-0,166	-0,037
SO_2	-0,308	-0,118	-0,120
O_3	0,059	---	-0,141

Sumber : Lee *et.al*,2012

Sehingga dari Tabel diatas dapat disajikan dalam bentuk grafik dibawah ini :



Gambar 2. 14 Hubungan Curah Hujan dan Konsentrasi SO₂

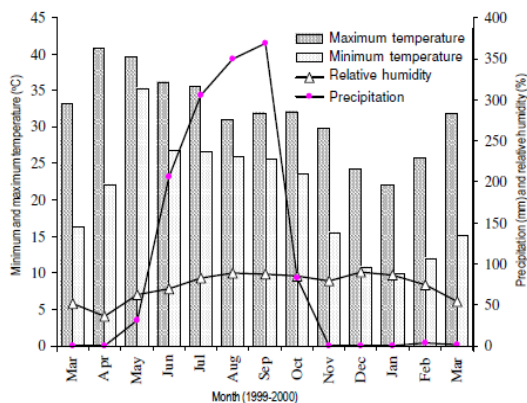
Sumber : Lee, et.al., (2012)

2.9 Efek akumulasi SO₂ pada tanaman

Dari penelitian Dwivedi *et.al.*, 2008 bahwa pertengahan Juni sampai pertengahan Oktober adalah musim hujan, sedangkan 8 bulan tersisa kering di Varanasi (Gambar 2.15). Industri batu bata hanya berfungsi selama periode kering yaitu dari bulan November sampai pertengahan Juni. Rata-rata sulfur dioksida per bulan di udara ambien paling tinggi terjadi pada bulan Januari 2000 ($182,32 \pm 39,08$ Cg / m³) sementara minimum selama bulan September 1999 ($46,43 \pm 7,87$ Cg / m³). Penurunan nilai belerang dioksida secara gradual dicatat selama bulan Agustus sampai September 1999, kemudian meningkat sampai Januari 2000 (Gambar 2.15). Akibatnya, nilai belerang dioksida yang lebih tinggi di udara ambien ditemukan saat musim dingin diikuti musim panas dan hujan.

Di musim dingin, karena suhu yang lebih rendah di sekitar dan tingkat disipasi yang lebih tinggi, pembakaran

batubara menghasilkan SO_2 yang lebih tinggi di udara sekitar. Rata-rata bulanan sulfat di daun yang baru muncul pada bulan Maret 1999 ditemukan minimal (0,0581 Cg / g). Nilai yang sama tertinggi selama bulan Februari 2000 (0,2014 Cg / g).



Gambar 2. 15 Kondisi Meteorologi di Variansi

Sumber: Dwivedi *et.al.*, 2008

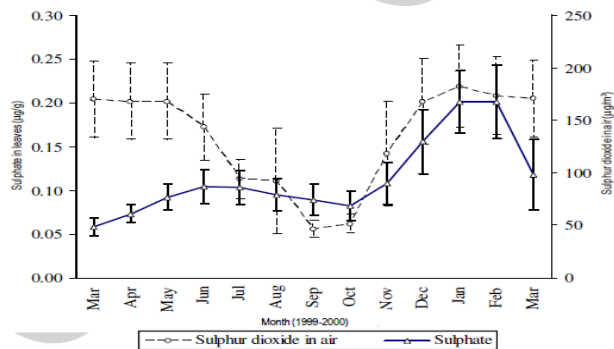
Selama bulan Maret sampai Juni 1999, laju akumulasi sulfat pada daun ditemukan lebih rendah (Gambar 2.16) dibandingkan dengan yang terjadi pada bulan Oktober 1999 sampai Februari 2000. Pengurangan nilai sulfat dicatat selama bulan Juni sampai Oktober 1999 dan Februari sampai Maret 2000. Hubungan linier sulfat menunjukkan korelasi positif dengan sulfur dioksida di atmosfer yang signifikan pada tingkat signifikansi 0,1 persen di semua lokasi.

Dari analisis statistik data yang diambil dari eksperimen budaya pot dan analisis udara ambient, dapat disimpulkan bahwa konten ion sulfat pada daun berbanding lurus dengan sulfur dioksida di udara selama sebagian besar studi, seperti pada Juli 1999 hingga Maret 2000 (Gambar 2.16). Hal ini menunjukkan bahwa

peningkatan sulfat pada daun dikarenakan sulfur dioksida pada udara ambien.

Laporan Huang dan Murray (2003) dan Prasanna et al (2005) berbanding lurus dengan temuan kami; mereka melaporkan bahwa tanaman terus mengakumulasi polutan ketika mereka diekspos pada polutan tersebut. Pada bagian awal studi, daun-daun muda yang baru bertunas tidak terlalu berpori, sehingga polutan gas yang dapat masuk juga sedikit—ini berbanding lurus dengan temuan Chandra (2003) dan Tripathi dan Gautam (2007).

Dari Gambar 2.16, reduksi sulfat pada daun dari Juni hingga Oktober 1999 adalah karena reduksi di SO_2 di ambien. Setelah Oktober, ketika dedaunan tumbuh dan sulfat di daun dan SO_2 di udara ambien terus menunjukkan korelasi positif. Tumbuhan memetabolisme polutan yang terserap secara lambat (stabil); namun pada kondisi sangat terpolusi, tumbuhan mulai mengakumulasi polusi. Tumbuhan membuang total polutan yang terakumulasi melalui pengguguran dan pertumbuhan daun baru, yang bebas dari polutan terakumulasi (Aerts, 1990). Sulfur dioksida yang terserap larut dalam air di sitosol dalam bentuk asam sulfat (H_2SO_4) dan asam sulfit (H_2SO_3). Disosiasi untuk memproduksi sulfat, yang bereaksi dengan kation yang ada dalam sitosol dan membentuk garam semi stabil yang juga mempengaruhi perkembangan tumbuhan.



Gambar 2. 16 Reduksi Sulfat pada Daun

Sumber: Dwivedi *et.al.*, 2008

2.10 Fitoreduksi Sulfat oleh Tanaman

Penelitian yang dilakukan oleh Silviu *et.al*, 1976 menunjukkan bahwa tanaman yang terpapar SO_2 mengeluarkan jumlah H_2S yang terukur ke atmosfer sekitarnya. Fenomena ini ditunjukkan akibat dari proses photoreductive karena tidak ada H_2S yang terdeteksi selama fumigasi dengan SO_2 dalam kegelapan. Investigasi ini meneliti aspek-aspek tertentu dari penyerapan foliar SO_2 , distribusi sitoplasma, dan mekanisme yang memungkinkan pembentukan hidrogen sulfida.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa SO_2 diserap oleh daun dalam jumlah yang cukup untuk memperhitungkan gangguan metabolik dan reaksi fitotoksik yang biasanya terjadi. Bennett dan Hill (1973), telah mengukur tingkat penyerapan dari SO_2 oleh kanopi tanaman standar. Tingkat serapan tinggi SO_2 yang mereka amati disebabkan oleh kelarutan gas dalam media berair. Untuk mengukur konsentrasi zat terlarut yang dihasilkan dari media berair ini melalui translokasi dan metabolisme aktivitas. Silviu *et.al*, 1976 mendeteksi emisi H_2S ke atmosfer sekitarnya dalam waktu 30 menit setelah pemaparan awal tanaman ke SO_2 . Ini menunjukkan bahwa anion sulfur, yang terbentuk setelah penyerapan SO_2 oleh daun, segera mencapai kloroplas, tempat penguraian sulfur. H_2S yang dihasilkan yang terbentuk selama proses fotoreduksi rupanya dilepaskan dari kloroplas dan kemudian dari sitoplasma sel mesofil ke udara sekitar dengan kecepatan yang sama. Karena itu, kandungan belerang kloroplas yang diukur mengikuti fumigasi 30 menit .

Baru-baru ini, Tamura dan Itoh (1974) telah mengamati fotoreduksi sulfida dalam sistem grana-ferredoxin bayam yang dilengkapi dengan reduktase sulfit termolab dari ekstrak daun. Data mereka menunjukkan bahwa fungsi sulfit sebagai akseptor elektron terminal ferredoxinlinked dalam fotoreduksi yang serupa dengan nukleotida nitrit atau piridina. Sistem ini dapat dengan mudah memperhitungkan fotoreduksi SO_2 yang terserap ke sulfida melalui ion sulfit.

Kuantitas SO_2 yang diserap dan ditampung dalam daun bayam ditunjukkan pada tabel 2.7. Dalam dua eksperimen (No 3 dan 4), ketika total berat segar bagian tumbuhan yang terekspos telah diukur, perhitungan berdasarkan radioaktivitas pada sampel daun dibuat untuk menunjukkan jumlah SO_2 yang diserap tanaman relatif pada total SO_2 yang diberikan pada atmosfer ruang. Ini menunjukkan bahwa 17,6 dan 18,7% total SO_2 yang diberikan pada ruang diserap oleh permukaan bayam di

Asam sulfida volatil diukur pada sampel daun untuk tanaman dengan SO_2 diasapi maupun SO_2 tanpa pengasapan untuk menentukan apakah peningkatan level sulfid pori dihasilkan dari ekspos SO_2 . Konten asam sulfida dari daun bayam tanpa pengasapan berkisar antara 3,6 hingga 7,6 $\mu\text{g/g}$ berat segar. Konten asam sulfida volatil dari daun bayam terekspos SO_2 berkisar antara 6,2 hingga 9,8 $\mu\text{g/g}$ berat segar.

Tabel 2.7 Fumigasi dan Non Fumigasi pada Daun Bayam

Experiment Number	Sulfides, Acid Volatile ¹	
	Nonfumigated	Fumigated
	<u>$\mu\text{g/g fr wt}$</u>	
1	3.6	8.8
2	4.2	6.2
3	7.6	9.8
4	5.4	7.7
5	6.2	6.6
Mean	5.4	7.8

Sumber: Tamura dan Itoh, 1974

Data yang ditunjukkan selama ini menunjukkan bahwa sulfur dihubungkan dengan kloroplas dalam dedaunan dari tanaman yang disinari dan terekspos SO_2 dan kuantitas terukur dari sulfur terserap tereduksi menjadi S_2^- di cahaya. Kebutuhan cahaya

menunjukkan bahwa sulfida adalah produk fotoreduksi yang dapat terjadi dalam kloroplas. Hipotesis diukur dengan mengekspos suspensi kloroplas bayam terisolasi pada SO_2 dan mengukur hasil S_2^- yang diproduksi.

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum

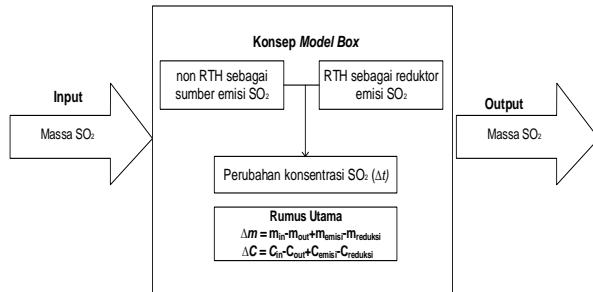
Penelitian ini membahas mengenai remediasi udara ambien SO_2 oleh ruang terbuka hijau di Kota Surabaya dengan menggunakan parameter konsentrasi sebagai hasil dari reduksi SO_2 oleh ruang terbuka hijau. Area yang digunakan pada penelitian ini yaitu SPKU Taman Prestasi dimana area tersebut mewakili Surabaya Pusat sebagai daerah pusat kota, perkantoran dan permukiman. Kerangka penelitian yang digunakan adalah menentukan rumusan masalah yang ada, merumuskan ide penelitian, melakukan studi literatur, pengumpulan data yang merupakan data spasial dan non spasial, melakukan perhitungan luas ruang terbuka hijau, melakukan analisis data (penentuan unit analisis dan observasi unit analisis), pembahasan (analisis nilai KSO_2 udara ambien selama 24 jam, analisis SO_2 rata-rata udara ambien selama 24 jam dan analisis korelasi) dan penarikan kesimpulan.

Pengolahan data bertujuan untuk menentukan konsentrasi SO_2 udara ambien yang mampu direduksi oleh ruang terbuka hijau (RTH) selama 24 jam dan pengaruh proporsi ruang terbuka hijau (RTH) dalam mereduksi SO_2 udara ambien. Parameter yang digunakan dalam pengukuran adalah data non spasial (arah angin, kecepatan angin, temperatur, kelembaban dan konsentrasi emisi SO_2 pada SPKU taman prestasi) dan data spasial yang meliputi citra terektifikasi dari *google earth* pada SPKU taman prestasi yang mewakili daerah pusat kota, perkantoran dan permukiman di Kota Surabaya.

3.2 Kerangka Konseptual Penelitian

kerangka konseptual dibawah ini menjelaskan bahwa dalam suatu area dimisalkan sebuah *box*. Konsentrasi sulfur dioksida pada *box* dipengaruhi oleh emisi dan reduksi yang terjadi didalam *box*. Emisi sulfur dioksida yang berasal dari

keberadaan lahan non RTH dan reduksi sulfur dioksida yang terjadi oleh adanya lahan RTH.



Gambar 3. 1 Kerangka Konseptual Penelitian

Hal tersebut yang menyebabkan perubahan konsentrasi didalam *box*. Variabel bebas terdiri dari proporsi ruang terbuka hijau sedangkan variabel terikat terdiri dari konsentrasi sulfur dioksida yang tereduksi dan nilai kumulatif SO_2 udara ambien selama 24 jam. Dari variabel bebas, dapat ditentukan data spasial dan data non spasial. Data spasial terdiri dari proporsi ruang terbuka hijau yang didapatkan dari citra *Google Earth* tahun 2004-2016 dan data non spasial terdiri dari data konsentrasi sulfur dioksida pada SPKU Taman Prestasi tahun 2004-2016, kelembaban udara, arah angin, suhu serta kecepatan angin.

Dari hal diatas, dapat dibuat suatu kerangka penelitian sebagai gambaran awal untuk memudahkan penelitian dan penyusunan laporan hasil tugas akhir. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2. Kerangka penelitian berisikan urutan langkah atau kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian, sebagai berikut:

□ Ide Penelitian

Meningkatnya polusi udara yang mengakibatkan kualitas udara ambien tidak memenuhi baku mutu. Polusi tersebut disebabkan karena salah satunya yaitu aktivitas manusia di perkotaan tepatnya pada wilayah pusat kota,

perkantoran dan permukiman. Hal ini menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak pada kesehatan manusia. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah meremediasi sumber pencemar (SO_2) dengan ruang terbuka hijau. Hal tersebut yang mendasari ide penelitian ini.

□ Studi Literatur

Sumber literatur yang digunakan adalah berupa jurnal internasional, jurnal nasional, makalah seminar (disertasi, tesis dan tugas akhir) serta *text book* yang berhubungan dengan penelitian. Hal-hal yang akan dipelajari dalam studi literatur antara lain:

1. Mekanisme reduksi SO_2 oleh Ruang Hijau.
2. Sumber Sulfur Dioksida.
3. Tanaman sebagai reduktor dari Sulfur Dioksida.
4. Indikator reduksi SO_2 dan metode perhitungan.

□ Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data spasial dan data non spasial. Data spasial adalah data yang berhubungan dengan kondisi geografi misalnya sungai, wilayah administrasi, gedung, jalan raya dan sebagainya. Data spasial didapatkan dari peta, foto udara, citra satelit, data statistik dan lain-lain. Hingga saat ini secara umum persepsi manusia mengenai bentuk representasi *entity* spasial adalah konsep raster dan vektor. Sedangkan data non-spasial adalah selain data spasial yaitu data yang berupa text atau angka, biasanya disebut dengan atribut. Data non-spasial ini akan menerangkan data spasial atau sebagai dasar untuk menggambarkan data spasial. Dari data non-spasial ini nantinya dapat dibentuk data spasial.

Pengumpulan data spasial meliputi citra terektifikasi dari *google earth* dan data non spasial meliputi kecepatan angin, arah angin, temperatur dan kelembaban udara. Data spasial digunakan untuk menentukan luasan RTH dengan menggunakan pencitraan *google earth*. Data spasial dibutuhkan untuk analisis perbandingan kemampuan reduksi SO_2 berdasarkan luasan sampel RTH yang diteliti dan untuk menentukan pengaruh proporsi RTH terhadap konsentrasi dan

nilai reduksi SO₂.

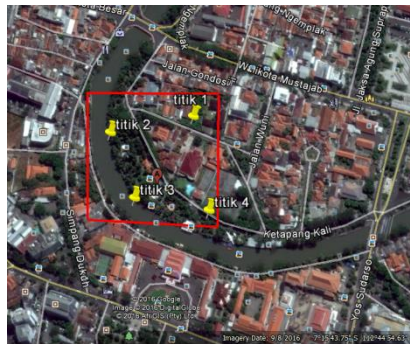
□ Analisis Data Spasial

Data spasial yang berupa citra *google earth* dari tahun 2004-2016 masih bersifat citra yang belum terektifikasi, sehingga citra tersebut harus direktifikasi terlebih dahulu dengan menggunakan program *Global Mapper 18*. Rektifikasi sendiri adalah suatu proses melakukan transformasi data dari satu sistem grid menggunakan suatu transformasi geometrik. Proses rektifikasi citra juga melibatkan alat GPS (*Global Positioning System*) untuk menentukan titik kontrol tanah (*Ground Control Point*) yang digunakan sebagai titik wilayah penelitian. Hasil keluaran dari proses rektifikasi ini akan digunakan untuk menentukan proporsi lahan RTH serta arah *box* menggunakan program *Arc View 3.3* dengan merujuk pada data arah serta kecepatan angin yang ada.

Dari data kecepatan angin rata-rata dikalikan dengan nilai Δt maka diperoleh suatu panjang *box* sehingga dari panjang *box* dapat dihitung luasan dari *box* pada tanggal sesuai citra dari *google earth*. Setelah diperoleh suatu luasan *box*, maka dilakukan *capture google earth* berupa potongan-potongan gambar yang nantinya bisa digabungkan dengan aplikasi seperti Photoshop maupun Corel Draw untuk diperoleh gambar dengan kualitas yang bagus sesuai dengan luasan yang sudah didapatkan dari perhitungan dengan titik tumpu yaitu SPKU Taman Prestasi. Selanjutnya dilakukanlah penggabungan gambar yang terpotong-potong sehingga membentuk satu kesatuan gambar dengan kualitas yang bagus sesuai luasan yang didapatkan dari perhitungan.

Gambar dengan luasan yang diinginkan sudah terbentuk, tetapi belum memiliki skala yang tepat. Untuk mendapatkan gambar dengan skala yang tepat maka perlu dilakukan penambahan koordinat geografis. Dimulai dengan membuat titik sebanyak 4 titik pada gambar dengan jarak yang random dan diusahakan tidak sejajar seperti pada gambar 3.2. Digunakan 4 titik, karena bentuk dari gambar adalah persegi yang menyerupai *box*. Setelah itu dilakukan identifikasi koordinat geografis sesuai dengan *google earth* sebagai acuan awal untuk dimasukkan

kedalam aplikasi *Global Mapper 18*. Untuk mengklarifikasi agar koordinat yang digunakan valid, maka perlu dilakukan pengukuran koordinat geografis dengan menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*). Setelah koordinat geografis sudah valid, diperoleh suatu titik koordinat untuk dimasukkan ke dalam gambar agar diperoleh gambar dengan skala yang akurat. Selanjutnya gambar tersebut dimasukkan kedalam program *Global Mapper 18* untuk memperoleh gambar dengan skala yang tepat dan program *Arc View 3.3* untuk memperoleh suatu luasan dengan skala yang tepat. Sehingga dari luasan yang didapatkan dapat dihitung suatu proporsi ruang terbuka hijau untuk setiap tahun sesuai dengan citra *google earth* yang didapatkan.



Gambar 3. 2 Penempatan Titik Koordinat Geografis

Sumber: citra satelit *google earth*

□ Analisis Data Non Spasial

Analisis dilakukan terhadap data yang diperoleh yaitu data spasial (citra dari *google earth* pada SPKU taman prestasi) dan data non spasial (kecepatan angin, arah angin, temperatur dan kelembaban) disekitar SPKU Taman Prestasi dari tahun 2004-2016, dari data-data tersebut dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Kurva konsentrasi SO_2 fungsi waktu (t) selama 24 jam

Dimana waktu sebagai sumbu x dan konsentrasi sebagai sumbu y. Setelah dibuat kurva akan diketahui bahwa nilai konsentrasi selama 24 jam selalu berfluktuatif selama waktu paparan SO_2 30 menit.

2. Laju perubahan konsentrasi

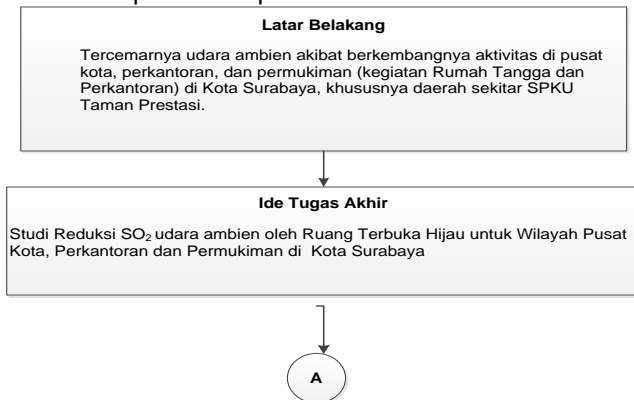
Dari kurva konsentrasi sebagai fungsi waktu (konsentrasi SO_2 selama n periode) dihitung laju perubahan konsentrasi SO_2 (KSO_2) selama 24 jam, yang didapatkan dari deferensial kurva konsentrasi SO_2 fungsi waktu yang bisa dinyatakan dengan $\int \frac{\Delta C}{\Delta t}$. Dimana ΔC adalah perubahan konsentrasi SO_2 selama satu rentang waktu (Δt).

3. Kumulatif Konsentrasi

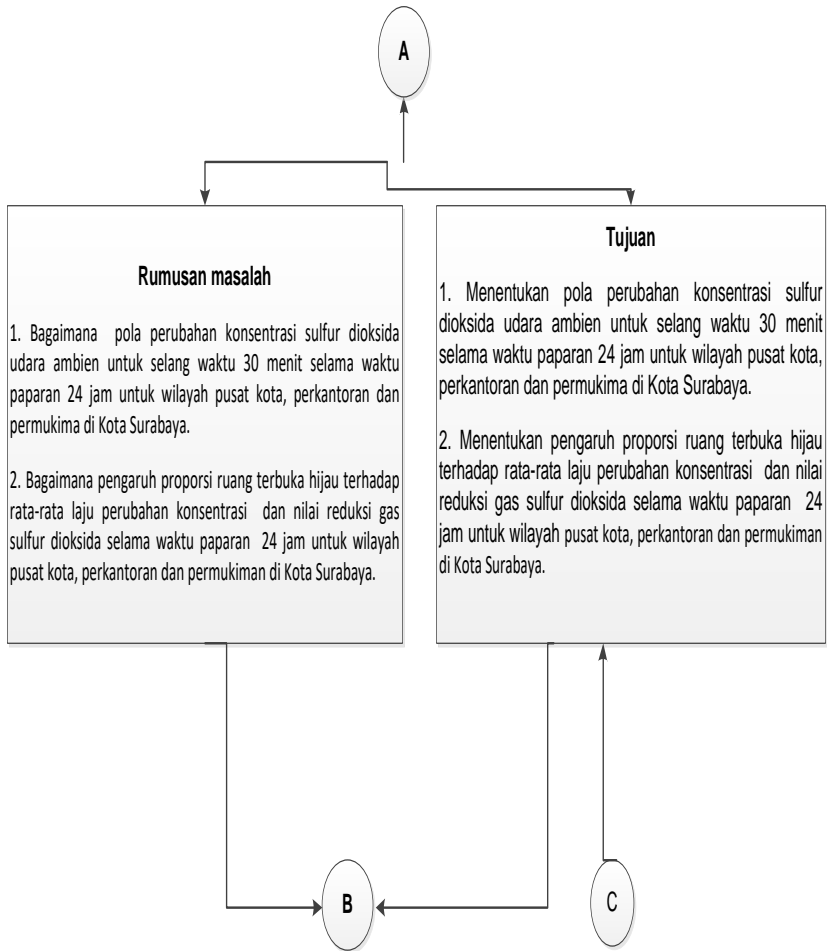
Kumulatif Konsentrasi SO_2 udara ambien selama satu periode didapatkan dari integrasi kurva laju perubahan konsentrasi selama satu periode. Kumulatif konsentrasi SO_2 setara dengan luasan antara kurva $\frac{\Delta C}{\Delta t}$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$. Sehingga jika luasan kurva $\frac{\Delta C}{\Delta t}$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$ bertanda positif (+), artinya konsentrasi SO_2 udara ambien bertambah, sedangkan jika luasan kurva $\frac{\Delta C}{\Delta t}$ dengan garis $[\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0]$ bertanda negatif (-), artinya konsentrasi SO_2 udara ambien berkurang.

□ Kesimpulan

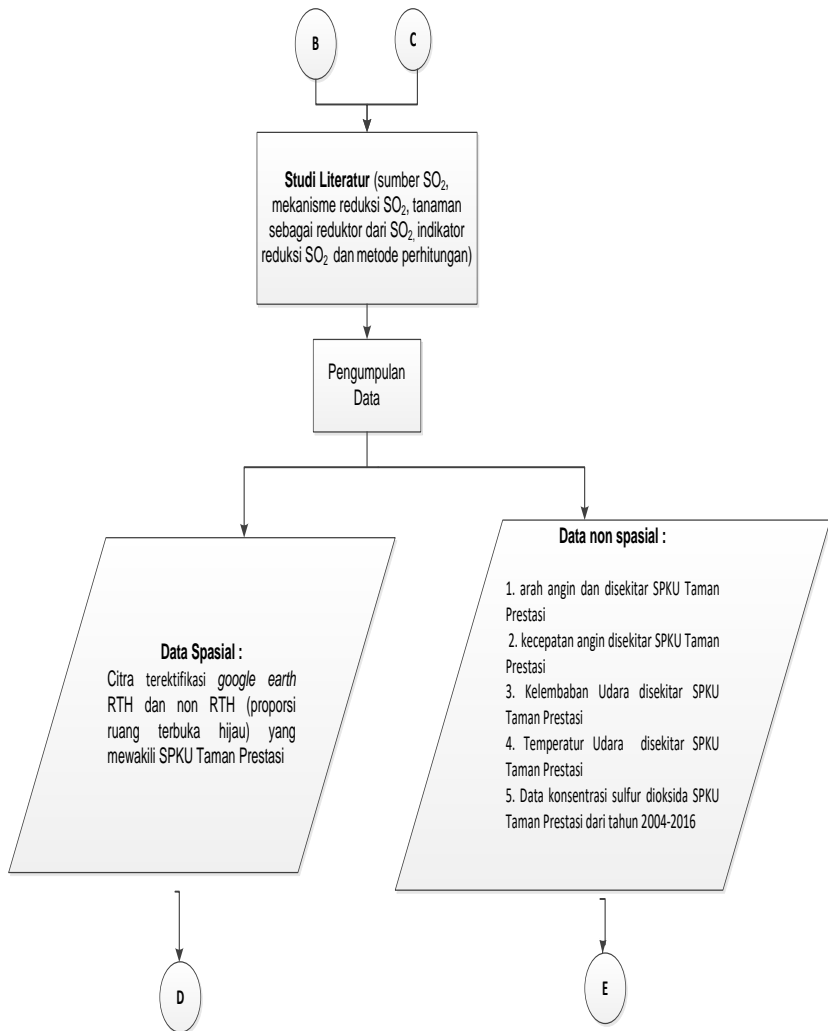
Penyusunan tahapan kegiatan penelitian yang akan dilakukan dapat dibuat pada Gambar 3.3



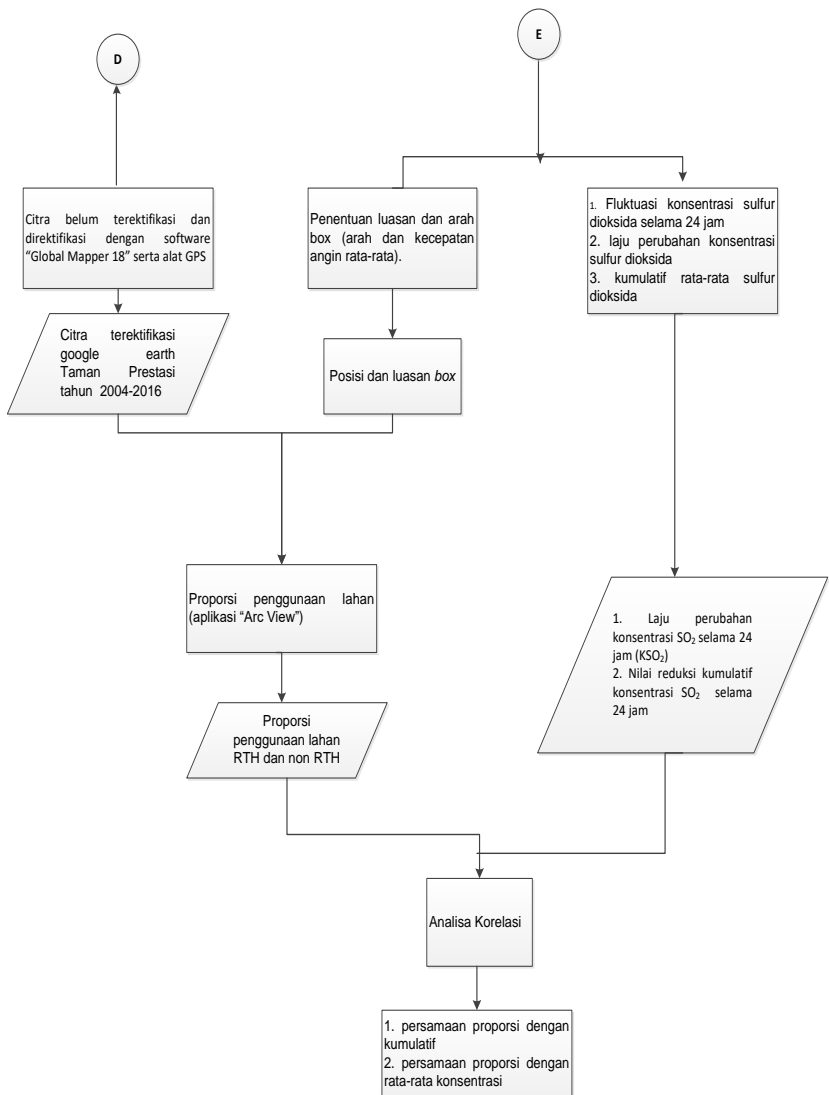
Gambar 3. 3 Kerangka Alur Penelitian



Gambar 3.3 Kerangka Alur Penelitian (Lanjutan)



Gambar 3.3 Kerangka Alur Penelitian (Lanjutan)



Gambar 3.3 Kerangka Alur Penelitian (Lanjutan)

3.3 Variabel dan Parameter Penelitian

Variabel yang menjadi obyek penelitian ini terdiri dari :

- a. Variabel bebas yaitu : Ruang Terbuka Hijau
- b. Variabel terikat yaitu : konsentrasi dari sulfur dioksida yang dapat direduksi dan nilai kumulatif SO_2 udara ambien selama 24 jam sebagai indikator reduksi SO_2 (KSO_2)

Variabel ruang terbuka hijau (RTH) terdiri dari :

Proporsi ruang terbuka hijau (%)

Variabel meteorologi terdiri dari parameter :

- a. Kecepatan angin,
- b. Arah angin,
- c. Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), dan
- d. Kelembaban (%)

Variabel lahan bukan RTH terdiri dari :

Proporsi luas bangunan (%) diantaranya yaitu bangunan pemukiman, rumah sakit, pasar, industri, perhotelan dll. Parameter penelitian terdiri dari perbedaan kondisi data meteorologi Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien Taman Prestasi selama jangka waktu tertentu yaitu dari tahun 2004-2016.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian terdiri dari 2 (dua) tahap yaitu :

1. Tahap persiapan

Tahap ini terdiri dari 2 kegiatan yaitu :

- a. Studi literatur untuk menentukan indikator proses reduksi SO_2 udara ambien dan metode perhitungan indikator tersebut.
- b. Menyiapkan data spasial yaitu citra terektifikasi lokasi observasi dari tahun 2004 hingga 2016 yang dicapture dari *Google Earth*, dan data non spasial yaitu data konsentrasi SO_2 , arah dan kecepatan angin, temperatur dan kelembaban udara pada kondisi yang mewakili citra.

2. Tahap menentukan akumulasi SO_2

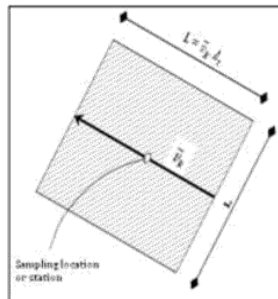
Pada tahap ini dilakukan analisis hubungan antar indikator dengan variable teramati. Indikator yang berpengaruh digunakan untuk menghitung nilai konsentrasi reduksi

sulfur dioksida. Tahap ini terdiri dari 5 kegiatan :

- Menentukan area terwakili titik sampling dengan menggunakan data arah dan kecepatan angin selama 24 jam.
- delineasi ruang terbuka hijau dan non ruang terbuka hijau.
- menentukan proporsi luasan masing-masing delineasi.
- Menghitung konsentrasi rata-rata SO_2 .
- Analisis hubungan signifikan antara indikator dengan nilai KSO_2 menggunakan persamaan linear.

3.5 Menentukan Batas Area Terwakili Titik Pengukuran

Menurut Jacobson (2005), batas area pengukuran setiap hari berubah, tergantung pada arah dan kecepatan angin (vektor angin). Penentuan batas area pengukuran disajikan dalam Gambar 3.3



Gambar 3. 4 Penentuan Batas Area Pengukuran

Sumber: Jacobson, 2005

3.6 Observasi Pengukuran Area

Observasi pengukuran area dilakukan dengan menentukan batas ruang terbuka hijau (RTH) seperti area rumput, area perdu dan pohon. Sedangkan untuk non RTH yaitu area bangunan, area transportasi, area lahan kosong dan area badan air. Setelah itu dilakukan perhitungan proporsi luas Ruang Terbuka Hijau dan non RTH dengan menggunakan aplikasi "Arc View" dan "Global Mapper".

3.7 Analisis Nilai Kumulatif SO₂ Udara Ambien Selama 24 Jam (KSO₂)

Data konsentrasi SO₂ per 30 menit selama 24 jam dianalisis untuk mendapatkan nilai kumulatif SO₂ udara ambien (KSO₂).

3.8 Analisis SO₂ Rata-rata Udara Ambien Selama 24 Jam

Data konsentrasi SO₂ per 30 menit selama 24 jam dicari nilai rata-rata. Konsentrasi perhitungan SO₂ rata-rata dipakai sebagai indikator variabel karakteristik lokasi.

3.9 Pembentukan Persamaan dari Hasil Analisa Korelasi

Dari hasil perhitungan kurva laju perubahan konsentrasi SO₂ 24 jam (KSO₂) dapat dilakukan analisis korelasi antara konsentrasi reduksi SO₂ oleh Ruang Terbuka Hijau dengan proporsi ruang terbuka hijau (RTH), yang didapatkan dari grafik hubungan antara luas ruang terbuka hijau sebagai sumbu X dengan rata-rata laju perubahan konsentrasi SO₂ (KSO₂) sebagai sumbu Y.

Sedangkan dari hasil perhitungan nilai reduksi kumulatif konsentrasi SO₂ selama 24 jam dapat dilakukan korelasi grafik hubungan antara luas ruang terbuka hijau sebagai sumbu X dengan rata-rata konsentrasi SO₂ udara ambien sumbu Y selama 24 jam. Dari kedua grafik hubungan diatas, dapat dilakukan analisis nilai korelasi (r). Sehingga didapatkan persamaan linear $y=ax+b$. Dimana variabel x yaitu proporsi Ruang Terbuka Hijau dan variabel y yaitu nilai konsentrasi reduksi sulfur dioksida. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan pengaruh proporsi Ruang Terbuka Hijau dengan nilai konsentrasi reduksi SO₂ udara ambien untuk kawasan pusat kota, perkantoran dan permukiman di Kota Surabaya.

3.10 Kalibrasi Persamaan

Kalibrasi yaitu kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai didalam suatu pengukuran dengan cara membandingkan terhadap standar ukur. Standar ukur yang

digunakan yaitu persamaan dari hasil pengolahan data, sedangkan digunakan satu atau dua data untuk dilakukan kalibrasi persamaan. Dimana hasil dari nilai y dari data kalibrasi persamaan dibandingkan dengan nilai y dari persamaan hasil pengolahan data. Jika nilai simpangan dari y data kalibrasi persamaan nilainya berbeda jauh dengan nilai y persamaan hasil pengolahan data maka dapat disimpulkan bahwa persamaan yang didapatkan kurang akurat.

3.11 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian yang menjawab perumusan masalah penelitian. Saran yang diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Surabaya adalah zona yang terletak pada *grid* UTM zona 49 Selatan, di tepi pantai utara Provinsi Jawa Timur. Kota Surabaya memiliki luas sekitar 52.087 Ha, dengan luas daratan yaitu 63,45% seluas 33.048 Ha dan selebihnya sekitar 35,55% seluas 19.039 merupakan wilayah laut yang dikelola. Batas-batas Kota Surabaya di sebelah utara dan timur berbatasan dengan Selat Madura, di sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Sidoarjo, dan di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Gresik. Berikut adalah batas Kota Surabaya sesuai dengan koordinat *grid* UTM :

- E (*Easting*) minimum yaitu 681000
- E (*Easting*) maksimum yaitu 704000
- N (*Northing*) minimum yaitu 9186000
- N (*Northing*) maksimum yaitu 9205000

Sebagian besar wilayah Kota Surabaya merupakan dataran rendah dengan ketinggian antara 1-8 m diatas permukaan laut, sedangkan sisanya adalah daerah perbukitan yang terletak di wilayah Surabaya Barat (12,77%) dan Surabaya Selatan (6,25%).

Kota Surabaya memiliki iklim tropis seperti kota-kota besar di Indonesia pada umumnya, sehingga hanya memiliki dua musim dalam setahun yaitu musim hujan dan kemarau. Curah hujan di Kota Surabaya rata-rata adalah 165,3 mm. Curah hujan tertinggi di atas 200 mm terjadi pada kurun bulan Januari hingga Maret dan November hingga Desember. Suhu udara rata-rata di Kota Surabaya berkisar antara 23,6-33,8⁰ C (Profil Kota Surabaya, 2016).

Dari tahun 2002 hingga sekarang, Kota Surabaya memiliki 8 Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (SPKU). Dari 8 stasiun pemantau diantaranya yaitu :

1. SPKU Perak terletak di kantor Kelurahan Perak Timur, Jln. Selangor Surabaya.
2. SPKU Sukomanunggal 1 terletak di kantor Pembantu Walikota Jln.Sukomanunggal.
3. SPKU Gayungan terletak di kantor Kecamatan Gayungan, Jln. Gayungan.
4. SPKU Gebang terletak di Convention Hall, Jln. Arif Rahman Hakim, Gebang Putih.
5. SPKU Taman Prestasi terletak di Taman Pretasi, Jln. Ketabang Kali.
6. SPKU Sukomanunggal 2 terletak di kantor Kecamatan Sukomanunggal, Jln. Sukomanunggal.
7. SPKU Wonorejo terletak di Kebun Bibit II, Jln. Wonorejo.
8. SPKU Kebonsari terletak di kantor Kecamatan Kebonsari, Jln.Kebonsari.

Setiap stasiun pemantau mewakili karakteristik peruntukan lahan di sekitarnya. Lokasi, koordinat tahun beroperasi dan peruntukan lahan dari setiap stasiun pemantau berbeda-beda. Digunakan SPKU Taman Prestasi pada penelitian ini. Dimana SPKU Taman Prestasi beroperasi dari tahun 2004-sekarang. Dari hasil pengukuran GPS didapatkan koordinat x (m) dari stasiun pemantau Taman Prestasi yaitu 692428 sedangkan untuk koordinat y (m) yaitu 9196946. Peruntukan lahan dari stasiun pemantau Taman Prestasi adalah Pusat Kota, Permukiman dan Perkantoran.

4.2 Pengumpulan dan Pemilahan Data

Tahap awal sebelum pengumpulan data SO_2 dan data meteorologi adalah inventarisasi citra area sekitar stasiun pemantau dari *Google Earth*. Citra yang diinventarisasi yaitu citra saat stasiun pemantau beroperasi yaitu dari tahun 2004 hingga tahun 2016. Digunakan menu *history* dari *google earth* untuk mendapatkan citra dari tahun 2004-2016.

Setelah didapatkan data waktu pemotretan citra, langkah selanjutnya yaitu inventarisasi data konsentrasi SO_2 dan data meteorologi yang berdekatan dengan waktu pemotretan citra. Digunakan data selama satu minggu agar data analisis yang diperoleh lebih akurat. Selanjutnya dilakukan perhitungan luas

dengan cara delineasi terlebih dahulu berdasarkan peruntukan lahan. Peruntukan lahan ruang terbuka hijau dan non RTH. Lahan non RTH terdiri dari bangunan, jalan, lahan kosong dan badan air. Berikut adalah contoh gambar SPKU Taman Prestasi citra dari *google earth* :



Gambar 4.1 Citra Satelit Google Earth Tahun 2009

Sumber: *google earth*

Sampel data seluruhnya berjumlah 62. Sejumlah 48 data dari tahun 2004-2013 dipakai untuk membangun persamaan linear dan sisanya yaitu 14 data tahun 2016 dipakai untuk kalibrasi persamaan linear yang sudah dihasilkan dari sampel data yang sudah digunakan.

4.2.1 Inventarisasi citra *google earth*

Inventarisasi citra *google earth* di SPKU Taman Prestasi didapatkan sebanyak 9 tanggal citra yang dapat digunakan untuk pengolahan data spasial. Dimana data spasial menghasilkan outputan berupa luasan area Ruang Terbuka Hijau maupun non Ruang Terbuka Hijau. Adapun tanggal dari citra yang digunakan yaitu sebagai berikut :

- a. 14 Juni 2004
- b. 19 November 2009
- c. 19 Juli 2010
- d. 9 Mei 2011
- e. 15 Juni 2012
- f. 25 Agustus 2012
- g. 6 Februari 2013

h. 8 September 2016

i. 25 Desember 2016

Dari citra *google earth* yang telah dipotret menghasilkan beberapa komponen area diantaranya yaitu ruang terbuka hijau, badan air, bangunan, jalan, dan lahan kosong. Dari masing-masing luasan lahan tersebut nantinya akan dijadikan proposi yang digunakan sebagai variabel bebas pada penelitian ini. Berikut adalah contoh gambar potret dari citra *google earth* seperti pada lampiran 1. Pada lampiran 1 terlihat perbedaan penggunaan lahan di setiap tahunnya. Dimana pada tahun 2004-2009 ruang terbuka hijau masih cukup luas. Ketika tahun 2010 berubah menjadi lahan kosong. Dan pada tahun 2011 terlihat pembangunan gedung-gedung yang bertambah banyak hingga tahun 2016.

4.2.2 Inventarisasi data konsentrasi SO_2 dan data meteorologi

Data konsentrasi sulfur dioksida berasal dari pemantauan SPKU Taman Prestasi dari tahun 2004 hingga tahun 2016. Dimana perubahan konsentrasi dari waktu ke waktu sangat fluktuatif. Menurut Finn *et al.* (2010), Fluktuasi konsentrasi maksimum harus dipertimbangkan sebagai faktor penting dalam menentukan resiko keterpaparan, karena potensi dampak dari zat berbahaya serta respon toksisitas akut oleh pajanan jangka pendek ditentukan oleh konsentrasi maksimum. Berikut adalah inventarisasi data konsentrasi sulfur dioksida SPKU Taman Prestasi Tahun 2004-2016 :

Tabel 4.1 Inventarisasi Data Konsentrasi SO_2 SPKU Taman Prestasi dari tahun 2004-2016:

Rata-rata konsentrasi SO_2		
Tahun	(µg/m ³)	
	Minimum	Maksimum
2004	30,39	89,2

Rata-rata konsentrasi SO ₂		
Tahun	(µg/m ³)	
	Minimum	Maksimum
2009	93,23	99.82
2010	118,14	122.66
2011	168,39	173.2
2012	171,82	231.42
2013	2,98	0.02
2016	18,9	21.26

Sumber : Hasil Analisa

Menurut Stroh *et al.* (2010) Emisi pencemar udara akan tersebar sesuai kondisi meteorologi setempat terutama arah angin rata-rata dan fluktuasi kecepatan turbulen, serta stabilitas atmosfer yang sangat dinamis baik temporal maupun spasial. Tabel 4.2 menyajikan ringkasan data meteorologi dari tahun 2004 hingga 2016 menunjukkan bahwa pada SPKU Taman Prestasi terdapat kecepatan angin tertinggi yaitu pada tanggal 22 Desember 2016 dengan nilai sebesar 3.81 m/detik. Kecepatan angin tersebut menghasilkan area luasan terluas yaitu 52383.6066 m².

Tabel 4.2 Inventarisasi Data Meteorologi SPKU Taman Prestasi dari Tahun 2004-2016:

Tahun	Kec.Angin (v)		Temperatur (T)		Kelembaban	
	m/dt		(oC)		(%)	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
2004	0,88	1,94	27,08	28,43	60,18	78,09

Tahun	Kec.Angin (v)		Temperatur (T)		Kelembaban	
	m/dt		(oC)		(%)	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
2009	1,49	2,44	27,76	29,26	75,00	86,46
2010	0,87	1,68	28,33	29,39	66,56	77,65
2011	1,40	2,36	27,49	29,19	76,98	87,33
2012	0,66	2,85	27,11	28,70	67,57	89,18
2013	0,82	1,23	27,24	29,86	75,26	89,18
2016	0,90	3,81	27,54	30,29	65,83	87,69

Sumber : Hasil Analisa

4.3 Pola Perubahan Konsentrasi Sulfur Dioksida

Menurut Lopez (2011) bahwa pengelolaan serta pengendalian pencemaran udara sangat diperlukan agar dampak pencemaran udara tidak terlalu parah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengenali daerah atau area yang rawan terhadap pemaparan konsentrasi pencemar yang maksimum, terutama di kawasan yang padat industri dan transportasi.

Walaupun konsentrasi tersebut berfluktuasi, tetapi jika arah angin dominan menuju kawasan tersebut akan terjadi akumulasi pencemar. Sehingga berpotensi melampaui baku mutu udara ambien. Hal tersebut menunjukkan bahwa pentingnya mengetahui pola perubahan konsentrasi pencemar di suatu area.

Dari inventarisasi data yang telah diperoleh sehingga berjumlah 62 data, maka dibuatlah suatu kurva pola perubahan konsentrasi dari setiap pengukuran di setiap harinya. Tujuan dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi adalah untuk mengetahui konsentrasi puncak ketika hari itu. Berikut adalah data pengukuran konsentrasi Sulfur Dioksida selama 24 jam pada tanggal 14 Juni 2004 :

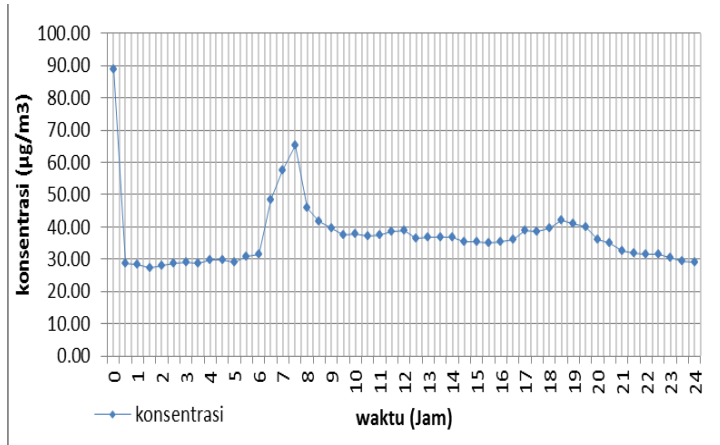
Tabel 4.3 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 14 Juni 2004:

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0:00	88,69
0:30	28,56
1:00	28,17
1:30	27,44
2:00	27,84
2:30	28,82
3:00	28,91
3:30	28,67
4:00	29,76
4:30	29,63
5:00	28,97
5:30	30,83
6:00	31,44
6:30	48,53
7:00	57,47
7:30	65,30
8:00	45,81
8:30	41,64
9:00	39,43
9:30	37,49
10:00	37,86
10:30	37,14
11:00	37,42
11:30	38,45

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
12:00	38,99
12:30	36,41
13:00	36,65
13:30	36,90
14:00	36,66
14:30	35,48
15:00	35,26
15:30	34,98
16:00	35,52
16:30	36,24
17:00	38,84
17:30	38,62
18:00	39,58
18:30	42,16
19:00	41,07
19:30	40,09
20:00	36,09
20:30	35,17
21:00	32,62
21:30	31,79
22:00	31,61
22:30	31,55
23:00	30,35
23:30	29,50
24:00:00	29,04

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Pola Perubahan Konsentrasi SO2 14 Juni 2004 Selama 24 Jam

Sumber : Hasil Analisis

Dari semua grafik pola perubahan konsentrasi sulfur dioksida setiap 24 jam selama 1 minggu di tahun 2004 dapat disimpulkan bahwa pola perubahan konsentrasi sulfur dioksida sangat berfluktuasi (Stroh *et al.*,2010). Grafik tersebut berfluktuasi yang mengakibatkan terdapat puncak konsentrasi. Puncak konsentrasi merupakan akumulasi suatu pencemar dimana akumulasi tersebut disebabkan karena kondisi mereorologi suatu area mengalami peningkatan (Lopez, 2011).

Pada tahun 2004 ini rata-rata puncak konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di malam hari sekitar pukul 18.30, 20.00, 00.00, 02.00 dan 03.00 WIB. Sedangkan menurut analisa untuk puncak konsentrasi yang terjadi di siang hari rata-rata pada pukul 07.30-09.30 WIB. Hal tersebut dikarenakan pada pukul tersebut terdapat aktivitas transportasi dimana SPKU Taman Prestasi berada di kawasan pusat Kota Surabaya. Adapun untuk malam hari puncak konsentrasi sulfur dioksida terjadi pada pukul 18.30-03.00 WIB karena menurut Gunawan (2010), peningkatan konsentrasi pada malam hari disebabkan perbedaan tekanan

udara dan kestabilan tekanan udara pada malam hari. Pada malam hari terjadi pemancaran radiasi matahari yang diserap oleh bumi, sehingga temperatur permukaan bumi lebih tinggi daripada di udara, keadaan ini mengakibatkan tekanan dipermukaan bumi rendah sehingga udara akan bergerak ke permukaan bumi.

Tabel 4.4 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 19 November 2009 :

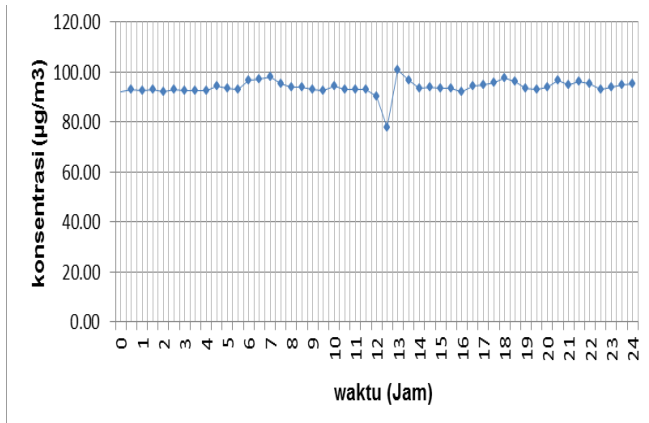
Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi SUF1
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0:00	91,92
0:30	93,10
1:00	92,40
1:30	92,99
2:00	91,90
2:30	92,90
3:00	92,68
3:30	92,75
4:00	92,46
4:30	94,32
5:00	93,67
5:30	92,97
6:00	96,72
6:30	97,22
7:00	97,92
7:30	95,13
8:00	94,14
8:30	94,14
9:00	93,14

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
9:30	92,64
10:00	94,45
10:30	93,21
11:00	93,07
11:30	92,94
12:00	90,19
12:30	77,68
13:00	100,91
13:30	96,59
14:00	93,45
14:30	94,08
15:00	93,64
15:30	93,29
16:00	92,31
16:30	94,45
17:00	94,89
17:30	95,76
18:00	97,66
18:30	96,22
19:00	93,38
19:30	93,18
20:00	94,04
20:30	96,61
21:00	94,82
21:30	96,13
22:00	95,54

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
22:30	93,07
23:00	93,77
23:30	94,74
24:00:00	95,13

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.3 Pola Perubahan Konsentrasi SO_2 19 November 2009 Selama 24 Jam

Sumber : Hasil Analisis

Pada tahun 2009 ini rata-rata puncak konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di malam hari sekitar pukul 18.00, 19.30, 20.30, 23.30 dan 01.30 WIB. Sedangkan menurut analisa untuk puncak konsentrasi yang terjadi di siang hari rata-rata pada pukul 11.30-15.00 WIB. Hal tersebut dikarenakan pada pukul tersebut terdapat aktivitas transportasi dimana SPKU Taman Prestasi berada di kawasan perkantoran, orang-orang disekitar SPKU

Taman Prestasi melakukan istirahat pada jam makan siang. Adapun untuk malam hari puncak konsentrasi sulfur dioksida terjadi pada pukul 18.00-23.30 WIB karena menurut Gunawan (2010), peningkatan konsentrasi pada malam hari disebabkan perbedaan tekanan udara dan kestabilan tekanan udara pada malam hari.

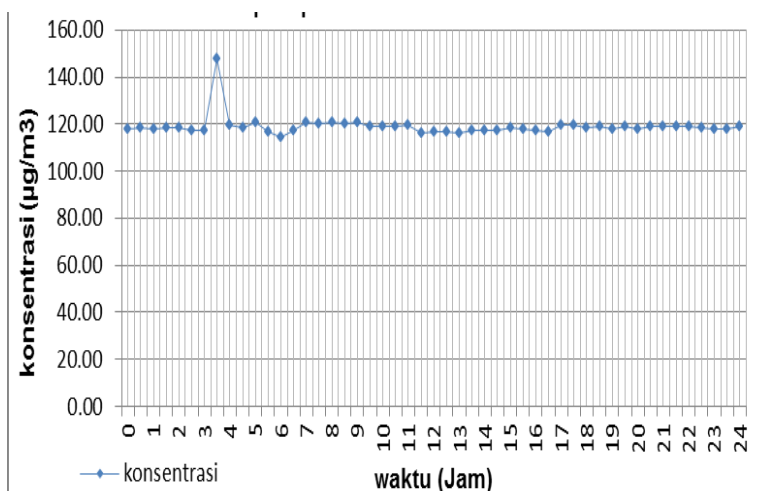
Tabel 4.5 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 19 Juli 2010 :

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 (µg/m³)
0:00	117,97
0:30	118,69
1:00	117,92
1:30	118,55
2:00	118,21
2:30	117,55
3:00	117,53
3:30	147,79
4:00	119,49
4:30	118,60
5:00	120,83
5:30	116,81
6:00	114,27
6:30	117,59
7:00	120,91
7:30	120,26
8:00	120,78
8:30	120,21
9:00	120,61
9:30	118,93

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
10:00	119,14
10:30	119,14
11:00	119,65
11:30	116,33
12:00	116,66
12:30	116,52
13:00	116,15
13:30	117,33
14:00	117,11
14:30	117,14
15:00	118,38
15:30	118,07
16:00	117,57
16:30	116,85
17:00	119,38
17:30	119,41
18:00	118,40
18:30	118,80
19:00	118,14
19:30	119,04
20:00	118,05
20:30	118,99
21:00	119,25
21:30	118,97
22:00	118,90
22:30	118,71
23:00	118,10

Konsentrasi	
Waktu / Time	SUF1
GMT+7 (WIB)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
23:30	117,99
24:00:00	119,25
Sumber : BLH Kota Surabaya	

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Pola Perubahan Konsentrasi SO2 19 Juli 2010 Selama 24 Jam

Sumber : Hasil Analisis

Adapun di tahun 2010 ini rata-rata puncak konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di malam hari sekitar pukul 18.00, 21.00, 21.30, 00.00 dan 03.30 WIB. Sedangkan menurut analisa untuk puncak konsentrasi yang terjadi di siang hari rata-rata pada pukul 06.30-07.30 WIB. Hal tersebut dikarenakan pada pukul tersebut terdapat aktivitas transportasi dimana SPKU Taman Prestasi berada di kawasan perkantoran, orang-orang

disekitar SPKU Taman Prestasi melakukan aktivitasnya di pagi hari dan semua aktivitas perkantoran rata-rata dilakukan di pagi hari. Kemudian untuk malam hari, puncak konsentrasi sulfur dioksida terjadi pada pukul 18.00-23.30 WIB karena menurut hasil analisa bahwa suhu udara pada bulan Juli tahun 2010 rata-rata tinggi yaitu sekitar 29.39°C , peningkatan suhu udara berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi (Istantinova, 2012).

Tabel 4.6 Data konsentrasi SO_2 pada tanggal 9 Mei 2011 :

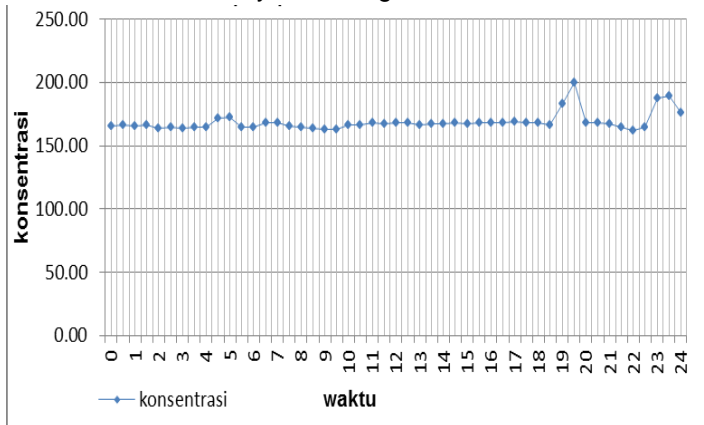
Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0:00	165,65
0:30	166,09
1:00	165,10
1:30	166,06
2:00	163,95
2:30	164,93
3:00	163,80
3:30	164,45
4:00	164,45
4:30	171,76
5:00	172,13
5:30	164,86
6:00	164,62
6:30	167,88
7:00	167,83
7:30	165,87
8:00	164,58
8:30	163,64

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
9:00	162,68
9:30	163,18
10:00	166,42
10:30	166,41
11:00	167,83
11:30	167,20
12:00	167,99
12:30	167,88
13:00	166,74
13:30	167,40
14:00	167,51
14:30	168,42
15:00	167,33
15:30	168,16
16:00	168,49
16:30	168,00
17:00	168,62
17:30	168,33
18:00	167,96
18:30	166,08
19:00	183,17
19:30	200,26
20:00	168,29
20:30	168,36
21:00	166,85
21:30	164,40
22:00	162,31

Konsentrasi	
Waktu / Time	SUF1
GMT+7 (WIB)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
22:30	164,52
23:00	187,56
23:30	188,97
24:00:00	175,89

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 5 Pola Perubahan Konsentrasi SO2 9 Mei 2011 Selama 24 Jam

Sumber : Hasil Analisis

Di tahun 2011 ini rata-rata puncak konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di malam hari sekitar pukul 18.30-20.30 WIB. Sedangkan menurut analisis untuk puncak konsentrasi yang terjadi di siang hari rata-rata pada pukul 05.00-10.30 dan 16.30-17.30 WIB.

Ketika pukul 05.00-10.30 WIB terdapat aktivitas transportasi dimana SPKU Taman Prestasi berada di kawasan

perkantoran, orang-orang disekitar SPKU Taman Prestasi melakukan aktivitasnya di pagi hari dan semua aktivitas perkantoran rata-rata dilakukan di pagi hari sedangkan pukul 16.30-17.30 aktivitas perkantoran telah berakhir sehingga jumlah transportasi meningkat.

Ketika malam hari, puncak konsentrasi sulfur dioksida terjadi pada pukul 18.00-23.30 WIB karena menurut hasil analisa bahwa kecepatan angin rata-rata sekitar pukul tersebut yaitu kecil. Kecepatan angin berbanding terbalik dengan konsentrasi sehingga jika kecepatan angin kecil maka nilai konsentrasi menjadi besar (Istantinova, 2012).

Tabel 4.7 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 25 Agustus 2012 :

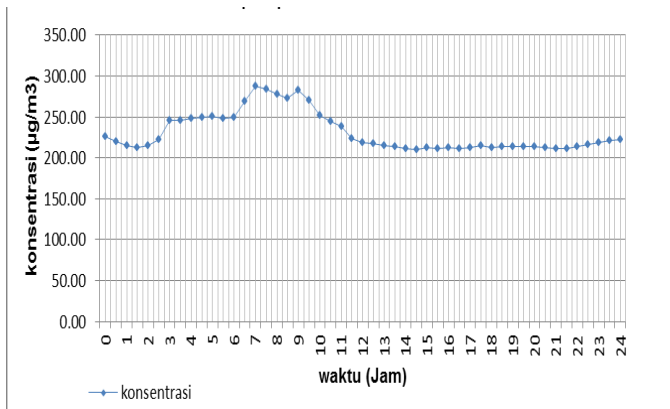
Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 (µg/m ³)
0:00	225,76
0:30	220,49
1:00	215,21
1:30	212,31
2:00	215,01
2:30	222,48
3:00	245,17
3:30	245,41
4:00	248,35
4:30	249,99
5:00	250,71
5:30	248,55
6:00	249,38
6:30	268,66
7:00	287,02

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7:30	283,72
8:00	277,57
8:30	272,44
9:00	282,76
9:30	269,95
10:00	251,54
10:30	244,38
11:00	238,31
11:30	223,01
12:00	218,97
12:30	216,80
13:00	214,93
13:30	213,73
14:00	211,48
14:30	210,06
15:00	212,24
15:30	211,70
16:00	212,29
16:30	211,85
17:00	211,94
17:30	214,49
18:00	212,98
18:30	214,29
19:00	214,08
19:30	213,14
20:00	213,49
20:30	212,46

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
21:00	211,06
21:30	210,74
22:00	213,31
22:30	216,32
23:00	218,27
23:30	221,64
24:00:00	110,82

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 6 Pola Perubahan Konsentrasi SO2 25 Agustus 2012

Sumber : Hasil Analisis

Di bulan Agustus tahun 2012 ini rata-rata puncak konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di malam hari sekitar pukul 02.30-04.30 WIB. Sedangkan menurut analisis untuk puncak konsentrasi yang terjadi di siang hari rata-rata pada pukul 05.00-09.00 WIB.

Ketika pukul 05.30-08.00 WIB terdapat aktivitas transportasi dimana SPKU Taman Prestasi berada di kawasan perkantoran, orang-orang disekitar SPKU Taman Prestasi melakukan aktivitasnya di pagi hari dan semua aktivitas perkantoran rata-rata dilakukan di pagi hari.

Ketika malam hari, puncak konsentrasi sulfur dioksida terjadi pada pukul 02.30-04.30 WIB karena menurut hasil analisa bahwa kecepatan angin rata-rata sekitar pukul tersebut yaitu kecil. Kecepatan angin berbanding terbalik dengan konsentrasi sehingga jika kecepatan angin kecil maka nilai konsentrasi menjadi besar (Istantinova, 2012).

Tabel 4.8 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 15 Juni 2012 :

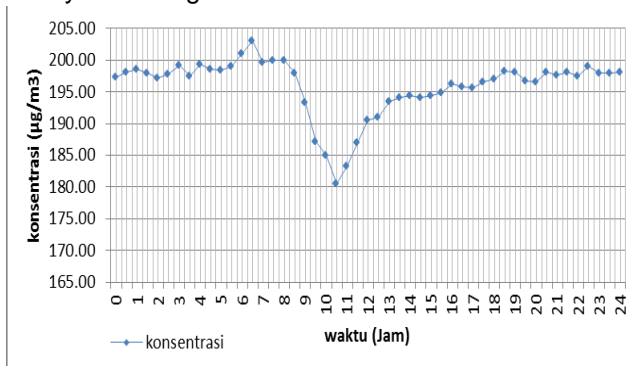
Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 (µg/m ³)
0:00	197,35
0:30	198,16
1:00	198,53
1:30	197,98
2:00	197,11
2:30	197,85
3:00	199,23
3:30	197,44
4:00	199,32
4:30	198,55
5:00	198,44
5:30	199,08
6:00	201,10
6:30	203,12
7:00	199,71
7:30	199,95

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
8:00	199,97
8:30	197,88
9:00	193,31
9:30	187,13
10:00	185,02
10:30	180,54
11:00	183,27
11:30	187,00
12:00	190,60
12:30	190,95
13:00	193,42
13:30	194,03
14:00	194,45
14:30	194,12
15:00	194,40
15:30	194,84
16:00	196,28
16:30	195,76
17:00	195,63
17:30	196,59
18:00	196,96
18:30	198,25
19:00	198,14
19:30	196,72
20:00	196,61
20:30	198,14

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
21:00	197,59
21:30	198,12
22:00	197,44
22:30	199,03
23:00	198,01
23:30	197,96
24:00:00	198,09

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.7 Pola Perubahan Konsentrasi SO2 15 Juni 2012

Sumber : Hasil Analisis

Di bulan Juni tahun 2012 ini rata-rata puncak konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di malam hari sekitar pukul 02.30-04.30 WIB. Sedangkan menurut analisis untuk puncak konsentrasi yang terjadi di siang hari rata-rata pada pukul 05.00-09.00 WIB. Ketika pukul 05.00-09.00 WIB terdapat aktivitas transportasi dimana SPKU Taman Prestasi berada di kawasan

perkantoran, orang-orang disekitar SPKU Taman Prestasi melakukan aktivitasnya di pagi hari dan semua aktivitas perkantoran rata-rata dilakukan di pagi hari.

Ketika malam hari, puncak konsentrasi sulfur dioksida terjadi pada pukul 02.30-04.30 WIB karena menurut hasil analisa bahwa kecepatan angin rata-rata sekitar pukul tersebut yaitu kecil. Kecepatan angin berbanding terbalik dengan konsentrasi sehingga jika kecepatan angin kecil maka nilai konsentrasi menjadi besar (Istantinova, 2012).

Tabel 4.9 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 06 Februari 2013 :

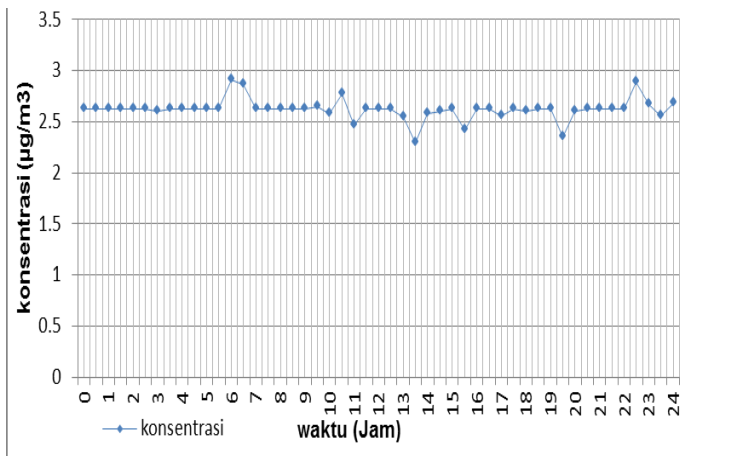
Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 (µg/m ³)
0:00	2,62
0:30	2,62
1:00	2,62
1:30	2,62
2:00	2,62
2:30	2,62
3:00	2,60
3:30	2,62
4:00	2,62
4:30	2,62
5:00	2,62
5:30	2,62
6:00	2,90
6:30	2,86
7:00	2,62
7:30	2,62
8:00	2,62

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
8:30	2,62
9:00	2,62
9:30	2,64
10:00	2,58
10:30	2,77
11:00	2,47
11:30	2,62
12:00	2,62
12:30	2,62
13:00	2,55
13:30	2,29
14:00	2,58
14:30	2,60
15:00	2,62
15:30	2,42
16:00	2,62
16:30	2,62
17:00	2,55
17:30	2,62
18:00	2,60
18:30	2,62
19:00	2,62
19:30	2,35
20:00	2,60
20:30	2,62
21:00	2,62
21:30	2,62

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
22:00	2,62
22:30	2,88
23:00	2,66
23:30	2,55
24:00:00	2,69

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 8 Pola Perubahan Konsentrasi SO2 06 Februari 2013

Sumber : Hasil Analisis

Pola perubahan konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di tahun 2013 kurang berfluktuatif dan nilai konsentrasi sulfur dioksida yang tercatat yaitu kecil rata-rata sekitar $2.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal tersebut dikarenakan kelembaban pada saat itu tinggi.

Sedangkan menurut analisis untuk puncak konsentrasi yang terjadi di siang hari rata-rata pada pukul 05.30-10.00 dan 14.00-14.30 WIB. Ketika pukul 05.30-10.00 WIB terdapat aktivitas transportasi dimana SPKU Taman Prestasi berada di kawasan perkantoran, orang-orang disekitar SPKU Taman Prestasi melakukan aktivitasnya di pagi hari dan semua aktivitas perkantoran rata-rata dilakukan di pagi hari dan untuk pukul 14.00-14.30 aktivitas transportasi bertambah karena pada jam makan siang. Sedangkan malam hari terjadi puncak konsentrasi antara pukul 21.30-00.00 WIB.

Tabel 4.10 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 8 September 2016 :

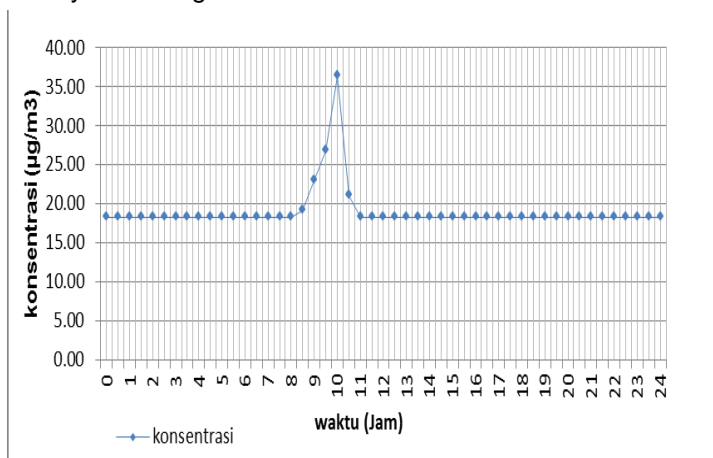
Waktu / Time GMT+7 (WIB)	konsentrasi
	SUF1 (µg/m ³)
0:00	18,34
0:30	18,34
1:00	18,34
1:30	18,34
2:00	18,34
2:30	18,34
3:00	18,34
3:30	18,34
4:00	18,34
4:30	18,34
5:00	18,34
5:30	18,34
6:00	18,34
6:30	18,34
7:00	18,34
7:30	18,34

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
8:00	18,34
8:30	19,15
9:00	22,98
9:30	26,81
10:00	36,42
10:30	21,07
11:00	18,34
11:30	18,34
12:00	18,34
12:30	18,34
13:00	18,34
13:30	18,34
14:00	18,34
14:30	18,34
15:00	18,34
15:30	18,34
16:00	18,34
16:30	18,34
17:00	18,34
17:30	18,34
18:00	18,34
18:30	18,34
19:00	18,34
19:30	18,34
20:00	18,34
20:30	18,34

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	konsentrasi SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
21:00	18,34
21:30	18,34
22:00	18,34
22:30	18,34
23:00	18,34
23:30	18,34
24:00:00	18,34

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.9 Pola Perubahan Konsentrasi SO2 8 September 2016

Sumber : Hasil Analisis

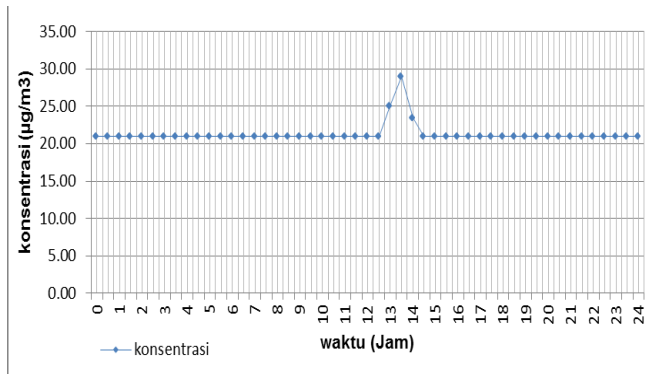
Tabel 4.11 Data konsentrasi SO₂ pada tanggal 25 Desember 2016 :

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 (µg/m³)
0:00	20,96
0:30	20,96
1:00	20,96
1:30	20,96
2:00	20,96
2:30	20,96
3:00	20,96
3:30	20,96
4:00	20,96
4:30	20,96
5:00	20,96
5:30	20,96
6:00	20,96
6:30	20,96
7:00	20,96
7:30	20,96
8:00	20,96
8:30	20,96
9:00	20,96
9:30	20,96
10:00	20,96
10:30	20,96
11:00	20,96
11:30	20,96

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi
	SUF1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
12:00	20,96
12:30	20,96
13:00	25,00
13:30	29,04
14:00	23,41
14:30	20,96
15:00	20,96
15:30	20,96
16:00	20,96
16:30	20,96
17:00	20,96
17:30	20,96
18:00	20,96
18:30	20,96
19:00	20,96
19:30	20,96
20:00	20,96
20:30	20,96
21:00	20,96
21:30	20,96
22:00	20,96
22:30	20,96
23:00	20,96
23:30	20,96
24:00:00	20,96

Sumber : BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva pola perubahan konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.10 Pola Perubahan Konsentrasi SO₂ 25 Desember 2016

Sumber: Hasil Analisis

Pola perubahan konsentrasi sulfur dioksida yang terjadi di tahun 2016 kurang berfluktuatif bahkan ketika malam hari tidak terdapat puncak konsentrasi. Nilai konsentrasi sulfur dioksida yang tercatat yaitu cukup stabil. Setelah itu dilakukan suatu perbandingan pola perubahan konsentrasi antara musim penghujan dan kemarau, Musim penghujan dimulai dari bulan Oktober-Maret dan musim kemarau di mulai dari bulan April-September. Menurut hasil analisis pola perubahan konsentrasi dimusim kemarau lebih berfluktuatif karena memiliki nilai konsentrasi yang sangat beragam, jika dibandingkan dengan pola perubahan konsentrasi dimusim penghujan. Rata-rata nilai konsentrasi pada musim kemarau lebih besar jika dibandingkan dengan rata-rata konsentrasi dimusim penghujan. Menurut Jungers, *et al.*(2007) bahwa Pada malam hari atau kondisi lembab atau selama hujan, SO₂ di udara tereduksi oleh tetesan air dan bereaksi pada kecepatan tertentu. Oleh karena itu dimusim penghujan nilai konsentrasi sulfur dioksida lebih kecil dan kurang berfluktuatif.

4.4 Korelasi dan Signifikansi Antara Data konsentrasi SO₂ dengan Data Meteorologi

Untuk mengetahui apakah nilai dari konsentrasi sulfurdioksida dengan nilai dari data meteorologi yang meliputi data kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara. Maka perlu dilakukan suatu uji statistika yaitu dengan cara uji korelasi dan uji signifikansi dari setiap variabel bebas maupun variabel terikat.

4.4.1 Uji Korelasi

Korelasi adalah salah satu teknik statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang sifatnya kuantitatif. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada variabel yang satu akan diikuti perubahan pada variabel yang lain secara teratur, dengan arah yang sama atau dapat pula dengan arah yang berlawanan. Bila dua variabel tersebut dinyatakan sebagai variabel X dan variabel Y, maka apabila variabel X berubah, variabel Y pun berubah dan sebaliknya. Untuk nilai koefisien korelasi berada diantara -1 sampai dengan 1. Jika nilai korelasinya menunjukkan angka negatif hal tersebut dapat dikatakan bahwa hubungan variabel X dan Y mempunyai hubungan negatif atau berlawanan arah. Begitu pula sebaliknya jika adanya penurunan pada variabel X maka akan diikuti dengan kenaikan variabel Y. Selanjutnya jika angka korelasinya menunjukkan hubungan variabel X dan Y mempunyai hubungan yang positif atau searah yang berarti dengan adanya kenaikan variabel X maka akan diikuti pula dengan kenaikan variabel Y begitu pula sebaliknya. Jika nilai korelasi mendekati angka nol berarti menggambarkan bahwa hubungan dua variabel tersebut semakin lemah. Tetapi jika angka korelasinya semakin menjauh dari angka nol yaitu mendekati angka 1 atau -1 berarti hubungan dua variabel tersebut semakin kuat. Berikut adalah contoh perhitungan nilai korelasi dari data konsentrasi sulfur dioksida (variabel terikat) dengan kelembaban udara (variabel bebas).

Tabel 4.12 Data konsentrasi SO₂ dan kelembaban udara pada tanggal 11 Juni 2004 :

Waktu	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	kelembaban (%)
0:30	30,39	96,55
1:00	29,61	96,69
1:30	29,56	95,29
2:00	29,21	92,77
2:30	29,52	94,48
3:00	28,91	97,55
3:30	30,31	96,91
4:00	36,09	93,88
4:30	50,06	90,00
5:00	74,91	91,03
5:30	59,54	91,86
6:00	55,28	93,51
6:30	65,17	91,72
7:00	79,72	89,20
7:30	100,16	86,23
8:00	120,61	77,64
8:30	85,59	67,22
9:00	54,52	62,73
9:30	41,88	60,68
10:00	37,79	57,21
10:30	34,52	56,26
11:00	33,25	56,30
11:30	31,88	55,72
12:00	31,00	53,71
12:30	29,78	50,57
13:00	29,56	49,87
13:30	29,30	48,82
14:00	29,17	52,19

Waktu	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	kelembaban (%)
14:30	30,72	56,91
15:00	31,11	60,27
15:30	31,59	69,27
16:00	30,89	74,71
16:30	31,33	75,40
17:00	31,81	73,83
17:30	32,84	74,11
18:00	32,99	77,23
18:30	36,40	78,21
19:00	39,06	79,39
19:30	39,37	79,57
20:00	40,52	79,17
20:30	38,56	80,55
21:00	38,71	86,13
21:30	38,56	90,40
22:00	38,51	92,09
22:30	40,26	92,29
23:00	39,78	93,33
23:30	39,34	94,06
24:00:00	34,04	94,61

Sumber: BLH Kota Surabaya

Dari tabel diatas diperoleh suatu nilai korelasi yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.13 Hasil Korelasi antara konsentrasi dan kelembaban udara tanggal 11 Juni 2004 :

	<i>konsentrasi</i>	<i>kelembaban</i>
konsentrasi	1	
kelembaban	0,16775845	1

Terlihat bahwa korelasi antara konsentrasi dengan kelembaban udara sebesar 0,1677 dengan tanda positif, yang berarti bahwa ada hubungan yang sangat erat antara konsentrasi dan kelembaban udara. Untuk mengetahui apakah nilai korelasi diatas signifikan (bermakna) atau tidak, perlu di analisis dengan tabel r serta tingkat signifikan 5% ($\alpha = 0,05$) dari tabel r dengan db (derajat bebas) 2, maka $48-2=46$, yang artinya dapat di lihat pada tabel dengan $n=46$ dengan tingkat signifikansi 5%, yaitu sebesar 0,2845. Dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa $r_{hitung} < r_{tabel}$ ($0,1677 < 0,2845$) sehingga secara nyata konsentrasi tidak berhubungan dengan kelembaban udara.

4.4.2 Signifikansi (bermakna)

Tujuan utama dari signifikansi adalah mendapatkan ramalan dari satu variabel dengan menggunakan variabel lain yang diketahui memiliki pengaruh antar keduanya. Yang digunakan sebagai variabel terikat yaitu nilai konsentrasi sedangkan untuk variabel bebas adalah nilai kelembaban udara(data meteorologi). Dimana nilai signifikansi dapat dilihat dengan menggunakan t_{hitung} . Nilai tersebut sebesar 0.0000360 lebih kecil dari α (kemungkinan tingkat kesalahan) yang sudah ditentukan yaitu sebesar 5% (0,05). Nilai t_{hitung} bertanda positif yang berarti bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi maka semakin besar pula nilai kelembaban udara. Dengan demikian, terbukti bahwa nilai konsentrasi dapat diketahui hubungannya dengan nilai kelembaban udara. Dari tabel diatas maka dapat di analisa jika Nilai t_{tabel} dengan $df=1$ ($48-1=47$) adalah sebesar 2,0117. Jika dibandingkan dengan t_{hitung} yaitu sebesar 1,1541 yang berarti bahwa $t_{hitung} < t_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh konsentrasi terhadap kelembaban udara adalah tidak signifikan. Menurut Istantinova (2012) bahwa hubungan antara kelembaban udara terhadap konsentrasi sulfur dioksida adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi kelembaban udara maka konsentrasi semakin rendah. Hal ini disebabkan karena penguapan uap air yang di transfer ke udara oleh naiknya suhu udara, sehingga konsentrasi sulfur dioksida mengalami penurunan. Berikut adalah tabel hasil analisis data excel :

Tabel 4.14 Hasil Signifikansi antara konsentrasi dan kelembaban udara tanggal 11 Juni 2004 :

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,31032091
R Square	0,09629907
Adjusted R Square	0,07621682
Standard Error	19,1185394
Observations	47

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1752,747168	1752,747168	4,795234543	0,033763526
Residual	45	16448,33466	365,5185481		
Total	46	18201,08183			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	26,2144265	14,28195219	1,835493229	0,072902286	-2,533652169	54,96250524	-2,53365217	54,96250524
kelembaban	0,20687416	0,179243803	1,154149593	0,254399988	-0,1539249	0,567673224	-0,1539249	0,567673224

Sumber: Hasil Analisis

Adapun untuk analisis signifikansi antara konsentrasi dan data meteorologi yang lain yaitu terlihat bahwa korelasi antara konsentrasi dengan suhu udara sebesar 0,3729 dengan tanda positif, yang berarti ada hubungan sangat erat antara konsentrasi dan suhu udara. Untuk mengetahui apakah nilai korelasi diatas signifikan (bermakna) atau tidak, perlu di analisis dengan tabel r serta tingkat signifikan 5% ($\alpha = 0,05$) dari tabel r dengan db (derajat bebas) 2, maka $48-2=46$, yang artinya dapat di lihat pada tabel dengan $n=46$ dengan tingkat signifikansi 5%, yaitu sebesar 0,2845. Dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa $r_{hitung} > r_{tabel}$ ($0.729 > 0.2845$) sehingga secara nyata konsentrasi berhubungan dengan suhu udara.

Dari tabel analisa signifikansi konsentrasi dengan suhu udara maka terlihat jika Nilai t_{tabel} dengan $df=1$ ($48-1=47$) adalah sebesar 2,0117. Lalu dibandingkan dengan t_{hitung} yaitu sebesar 2,7261 yang berarti bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh konsentrasi terhadap suhu udara adalah signifikan. Menurut Istantinova (2012) bahwa hubungan antara suhu udara terhadap konsentrasi adalah berbanding lurus. Suhu udara tinggi menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hamper sama dengan densitas udara diatasnya. Akibatnya aliran konveksi udara bergerak lambat sehingga konsentrasi bernilai tinggi karena terakumulasi di permukaan. Hal ini juga terjadi karena adanya suhu yang tinggi akan mempercepat terjadinya penguraian (disosiasi) gas Sulfur Dioksida. Semakin tinggi suhu udara maka jumlah gas SO_2 yang terurai menjadi S dan O_2 akan semakin banyak.

Sedangkan untuk korelasi antara kecepatan angin dan konsentrasi memiliki nilai sebesar 0,0882 dengan tanda positif yang berarti ada hubungan sangat erat antara konsentrasi dan kecepatan angin. Untuk mengetahui apakah nilai korelasi diatas signifikan (bermakna) atau tidak, perlu di analisis dengan tabel r serta tingkat signifikan 5% ($\alpha = 0.05$) dari tabel r dengan db (derajat bebas) 2, maka $48-2=46$, yang artinya dapat di lihat pada tabel dengan $n=46$ dengan tingkat signifikansi 5%, yaitu sebesar 0,2845. Dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa $r_{hitung} < r_{tabel}$

(0,0882<0,2845) sehingga secara nyata konsentrasi tidak berhubungan dengan kecepatan angin.

Untuk nilai dari t_{hitung} hasil analisis kecepatan angin dan konsentrasi yaitu sebesar 0,6006 yang berarti bahwa $t_{hitung} < t_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh konsentrasi terhadap kecepatan adalah tidak signifikan. Menurut Istantinova (2012) bahwa hubungan antara kecepatan angin terhadap konsentrasi adalah berbanding terbalik. Sehingga semakin besar kecepatan angin maka konsentrasi semakin kecil. Hal tersebut disebabkan adanya pergerakan udara maka terjadi suatu proses penyebaran gas SO_2 yang mengakibatkan penurunan konsentrasi SO_2 .

4.5 Analisis Data Spasial

Data spasial adalah data yang berhubungan dengan kondisi geografis misalnya badan air, wilayah administrasi, bangunan, jalan raya, dll. Data tersebut biasanya didapatkan dari potret citra satelit, peta dan foto udara. Tujuan dilakukan suatu analisis data spasial adalah untuk mengetahui penggunaan lahan serta luasan dari setiap lahan (area).

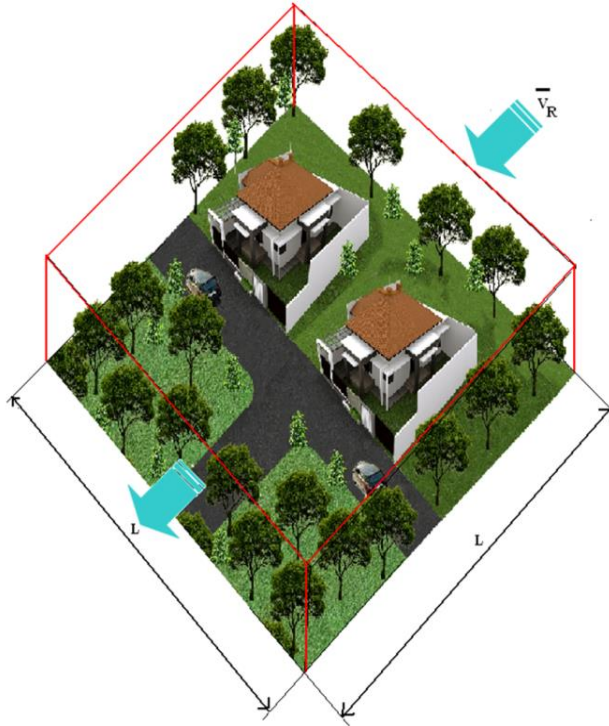
Dimana didalam suatu perkotaan terdapat perbedaan penggunaan lahan dari tahun ke tahun. Semakin lama penggunaan lahan tersebut meningkat untuk pembangunan gedung dan lainnya. Tetapi sangat kurang untuk penanaman kembali atau penghijauan tanaman yang telah ditebang.

Dengan berkembangnya jumlah gedung maka penggunaan lahan untuk menyerap pencemar yang ada sangat kurang. Ruang terbuka hijau adalah media yang tepat untuk menyerap pencemar di dalam lingkungan perkotaan. Dengan demikian dalam penelitian digunakan prinsip *box model* untuk mengetahui proporsi ruang terbuka hijau yang berada di dalam lingkup suatu kawasan tersebut mampu menyerap pencemar yang ada ataukah tidak mampu.

4.5.1 Perhitungan Dimensi *Box*

Arah dan ukuran box setiap hari berubah, tergantung pada arah dan kecepatan angin (vektor angin). Penentuan unit analisis disajikan pada Gambar 4.3 . Luas Unit analisis terlihat pada gambar di bawah ini :

$$A = (L^2).....(1)$$



Gambar 4. 11 Desain Model Box

Sumber : (Fontanella, 2007)

Angin adalah besaran vektor yang mempunyai nilai dan arah. Arah angin rata-rata adalah jumlah vector angin dibagi dengan jumlah data angina (Muzayanah, 2016), maka :

$$\tilde{V}_R = \frac{\tilde{V}_{t1} + \tilde{V}_{t2} + \tilde{V}_{t3} + \dots + \tilde{V}_{tn}}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$\tilde{V}_R = \tilde{V}_x + \tilde{V}_y \dots\dots\dots (3)$$

Nilai kecepatan angin pada sumbu x atau arah Timur-Barat (\tilde{V}_x) dan pada sumbu y atau arah Utara – Selatan (\tilde{V}_y) tergantung pada kecepatan angin (\tilde{V}) dan arah angin (Fontanella, 2007) .

Untuk arah angin $0^\circ - 90^\circ$:

$$\tilde{V}_x = \tilde{V} \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$\tilde{V}_y = \tilde{V} \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (5)$$

Untuk arah angin $90^\circ - 180^\circ$:

$$\tilde{V}_x = \tilde{V} \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$\tilde{V}_y = \tilde{V} \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (5)$$

Untuk arah angin $180^\circ - 270^\circ$:

$$\tilde{V}_x = \tilde{V} \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$\tilde{V}_y = \tilde{V} \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (5)$$

Untuk arah angin $270^\circ - 360^\circ$:

$$\tilde{V}_x = \tilde{V} \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$\tilde{V}_y = \tilde{V} \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (5)$$

Berikut adalah cara menghitung luas dimensi *box* pada citra tanggal 14 Juni 2004 :

Tabel 4.15 Perhitungan Dimensi *Box* tanggal 11 Juni 2004 :

Waktu	DATA ARAH ANGIN			selisih sudut (derajat)	selisih sudut (radian)	kuadran	PENGOLAHAN DATA	
	Kecepatan angin	Arah Angin	arah sb.x				arah sb.y	
	SUF1	SUF1						
	Taman Prestasi	Taman Prestasi						
0:00	1,04	136,22	46,22	1,14	2	-0,44	0,94	
0:30	1,16	155,24	65,24	1,14	2	-0,49	1,06	
1:00	1,32	122,77	32,77	0,57	2	-1,11	0,71	
1:30	1,46	114,79	24,79	0,43	2	-1,33	0,61	
2:00	0,87	124,51	34,51	0,60	2	-0,72	0,49	
2:30	0,22	133,45	43,45	0,76	2	-0,16	0,15	
3:00	0,47	189,62	9,62	0,17	3	-0,08	-0,47	
3:30	0,78	215,76	35,76	0,62	3	-0,46	-0,63	
4:00	0,65	203,80	23,80	0,42	3	-0,26	-0,59	
4:30	0,77	247,84	67,84	1,18	3	-0,72	-0,29	
5:00	1,01	281,60	11,60	0,20	4	0,99	-0,20	
5:30	0,97	264,70	84,70	1,48	3	-0,97	-0,09	

Waktu	DATA ARAH ANGIN		selisih sudut (derajat)	selisih sudut (radian)	kuadran	PENGOLAHAN DATA	
	Kecepatan angin	Arah Angin				arah sb.x	arah sb.y
	SUF1	SUF1					
	Taman Prestasi	Taman Prestasi					
6:00	0,36	346,16	76,16	1,33	4	0,09	-0,35
6:30	0,52	356,11	86,11	1,50	4	0,04	-0,52
7:00	0,35	343,59	73,59	1,28	4	0,10	-0,34
7:30	0,88	12,88	12,88	0,22	1	0,20	0,86
8:00	0,90	356,76	86,76	1,51	4	0,05	-0,90
8:30	0,12	163,90	73,90	1,29	2	-0,03	0,12
9:00	0,59	103,40	13,40	0,23	2	-0,57	0,14
9:30	1,29	113,09	23,09	0,40	2	-1,19	0,51
10:00	2,17	109,93	19,93	0,35	2	-2,04	0,74
10:30	1,90	121,20	31,20	0,54	2	-1,63	0,99
11:00	2,08	139,43	49,43	0,86	2	-1,35	1,58
11:30	2,66	134,64	44,64	0,78	2	-1,89	1,87
12:00	2,27	142,65	52,65	0,92	2	-1,38	1,80
12:30	2,75	150,70	60,70	1,06	2	-1,35	2,40

Waktu	DATA ARAH ANGIN		selisih sudut (derajat)	selisih sudut (radian)	kuadran	PENGOLAHAN DATA	
	Kecepatan angin	Arah Angin				arah sb.x	arah sb.y
	SUF1	SUF1					
	Taman Prestasi	Taman Prestasi					
13:00	2,43	150,97	60,97	1.06	2	-1,18	2,13
13:30	2,56	150,28	60,28	1.05	2	-1,27	2,23
14:00	2,11	168,44	78,44	1.37	2	-0,42	2,07
14:30	2,26	162,53	72,53	1.27	2	-0,68	2,16
15:00	1,11	151,61	61,61	1.07	2	-0,53	0,98
15:30	0,52	57,86	57,86	1.01	1	0,44	0,28
16:00	0,61	37,84	37,84	0.66	1	0,38	0,48
16:30	0,18	53,12	53,12	0.93	1	0,14	0,11
17:00	0,34	157,65	67,65	1.18	2	0,32	0,13
17:30	0,25	64,17	64,17	1.12	1	0,22	0,11
18:00	0,19	36,00	36,00	0.63	1	0,11	0,16
18:30	0,07	36,00	36,00	0.63	1	0,04	0,05
19:00	0,06	74,13	74,13	1.29	1	0,06	0,02
19:30	0,14	36,27	36,27	0.63	1	0,08	0,12

Waktu	DATA ARAH ANGIN		selisih sudut (derajat)	selisih sudut (radian)	kuadran	PENGOLAHAN DATA	
	Kecepatan angin	Arah Angin				arah sb.x	arah sb.y
	SUF1	SUF1					
	Taman Prestasi	Taman Prestasi					
20:00	0,06	36,00	36,00	0,63	1	0,03	0,05
20:30	0,11	36,00	36,00	0,63	1	0,07	0,09
21:00	0,02	74,29	74,29	1,30	1	0,02	0,01
21:30	0,01	87,70	87,70	1,53	1	0,01	0,00
22:00	0,00	92,33	2,33	0,04	2	0,00	0,00
22:30	0,03	141,50	51,50	0,90	2	-0,02	0,02
23:00	0,00	197,35	17,35	0,30	3	0,00	0,00
23:30	0,05	219,40	39,40	0,69	3	-0,03	-0,04
24:00:00	0,39	228,21	48,21	0,84	3	-0,29	-0,26

Sumber:HasilAnalisis

Waktu	DATA ARAH ANGIN		selisih sudut (derajat)	selisih sudut (radian)	kuadran	PENGOLAHAN DATA	
	Kecepatan angin	Arah Angin				arah sb.x	arah sb.y
	SUF1	SUF1					
	Taman Prestasi	Taman Prestasi					
jumlah kec. Angin						-19,20	21,44
rata-rata kec.angin						-0,39	0,44
rata-rata kec.angin (m/s)						0,88	
rata-rata arah angin (derajat)						147,64	
waktu pengambilan sampel						60	
panjang sisi box						52,77	m
dimensi box						2784,7014	m

Sumber : hasil perhitungan

Sehingga dari hasil perhitungan tabel diatas terlihat bahwa panjang sisi box yaitu 52,77 m sedangkan untuk kemiringan box yaitu $147,64^{\circ}$. Untuk hasil dari semua perhitungan dari semua box dapat dilihat pada lampiran 2.

4.5.2 Rektifikasi citra satelit *google earth*

Rektifikasi merupakan proses transformasi data. Dari data yang belum mempunyai koordinat geografis menjadi data yang akan mempunyai koordinat geografis. Untuk keperluan rektifikasi citra satelit dibutuhkan beberapa titik kontrol lapangan sebagai bagian dari titik sekutu. Koordinat titik kontrol lapangan dapat diperoleh dari pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan GPS(Global Positioning System).

GPS yaitu sistem navigasi yang memakai satelit, di desain untuk menampilkan posisi secara instan. Selain itu, kecepatan dan juga informasi waktu yang ada hamper seluruh dunia dapat ditampilkan setiap saat dan dengan kondisi cuaca apapun. Alat yang digunakan untuk menerima sinyal dari satelit penggunaan GPS dinamakan sebagai GPS *Tracker* atau GPS *Tracking*. Fungsi dari penggunaan GPS yaitu untuk navigasi, militer, system informasi geografis, sistem pelacakan kendaraan dan juga pemantau gempa.

Selanjutnya untuk hasil rektifikasi yang baik, harus menyebarkan secara merata titik kontrol jika dibandingkan dengan hanya memusatkannya dalam suatu area. Banyaknya titik yang dibuat tergantung pada kompleksitas dari bentuk transformasi polynomial yang digunakan untuk mengubah data raster ke dalam peta. Adapun fungsi dari rektifikasi yaitu untuk membangun basis data sebuah pemodelan GIS, untuk identifikasi sampel yang mengacu pada koordinat peta, untuk membuat potret citra satelit berskala tepat, untuk keperluan tumpang susun sebuah citra dengan data vector dan untuk meningkatkan ketepatan hitungan jarak serta luasan pada citra satelit.

Pada penelitian kali ini tahap rektifikasi menggunakan Software "Global Mapper". Dimulai dari hasil dimensi *box* yang telah diinput ke Autocad dengan bentuk bujur sangkar letak sesuai koordinat SPKU Taman Prestasi yaitu koordinat E (*Easting*) sebesar 692428,05 dan koordinat N (*Northing*) sebesar 9196946,54 serta kemiringan sesuai arah angin rata-rata pada setiap tanggal citra satelit. Selanjutnya hasil gambar dari Autocad

dengan format file DXF diinput ke Software “Global Mapper”. Lalu dilakukan penyimpanan file dengan format KMZ/KML. KML (*Keyhole Markup Language*) adalah sebuah format file yang dipergunakan untuk menampilkan data geografis dalam sebuah browser penjelajahan bumi seperti *Google Earth*, *Mobile Google Maps*. Setelah itu hasil dari outputan “Global Mapper” di input ke *Google Earth*. Kemudian dapat dilakukan capture citra satelit *Google Earth* sesuai kebutuhan dapat dilihat seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 12 hasil rektifikasi dengan Software “Global Mapper”

Sumber : citra satelit *google earth* dan hasil analisis

Untuk tahun 2004 rata-rata area yang terdapat di dalam box yaitu Ruang Terbuka Hijau, badan air, jalan dan sedikit bangunan. Selanjutnya untuk tahun 2009 yaitu terdapat Ruang Terbuka Hijau, badan air, jalan, lahan kosong dan sedikit bangunan. Adapun untuk tahun 2010 yaitu terdapat Ruang Terbuka Hijau, badan air, lahan kosong dan sedikit bangunan serta jalan. Dari tahun 2011-2016 semua terdapat semua komponen yang telah disebutkan namun di tahun 2011 dan 2013 terdapat sedikit jalan bisa dilihat pada lampiran 3.

Setelah dilakukan capture dari citra satelit, data spasial di input ke dalam “Global Mapper” kembali untuk menyebarkan koordinat titik kontrol agar diperoleh hasil rektifikasi yang baik. Dimana penyebaran titik kontrol dan banyaknya dibuat titik kontrol bergantung pada kompleksitas dari bentuk transformasi polynomial yang digunakan untuk mengubah data raster ke dalam data peta. Adapun titik kontrol yang digunakan sebanyak 4 titik karena bentuk transformasi polynomial yang digunakan berupa bujur sangkar. 4 titik tersebut yaitu :

- a) 692105,00 E , 9197145,00 N
- b) 692105,00 E , 9196745,00 N
- c) 692749,00 E , 9196745,00 N
- d) 692749,00 E , 9197145,00 N

Setelah dilakukan penyebaran titik kontrol yang menyebar ke kanan atas bawah dan kiri atas bawah sesuai dengan arah jarum jam, maka citra satelit bisa disimpan dengan format file BIL. Format file BIL nantinya akan diolah dengan menggunakan Software “ArcView GIS 3,3” untuk menghasilkan luasan suatu area dengan cara dilakukan delineasi terlebih dahulu.

4.5.3 Delineasi citra satelit *google earth*

Delineasi kawasan merupakan tahapan yang cukup penting untuk menetapkan kawasan atau area yang dibedakan dalam menentukan suatu proporsi dari kawasan penelitian yang digunakan. Adapun tujuan dilakukan delineasi adalah untuk mengetahui dan menentukan daerah mana yang dianalisis luasannya dan untuk mengetahui luasan total dari area yang digunakan untuk melakukan penelitian. Delineasi dilakukan dengan menggunakan software “ArcView GIS 3,3”. ArcView adalah salah satu software pengolah Sistem Informasi Geografik (SIG/GIS). Sistem Informasi Geografik sendiri merupakan suatu sistem yang dirancang untuk menyimpan, memanipulasi, menganalisis dan menyajikan informasi geografi. ArcView biasa digunakan untuk digitasi data citra satelit, pembuatan kontur dan pengubahan sistem proyeksi dengan *projection utility*.

Berikut adalah komponen yang di delineasi :

- a. Ruang Terbuka Hijau

Menurut Arini (2010) bahwa ruang terbuka hijau adalah suatu lapang yang ditumbuhi berbagai tetumbuhan, pada berbagai strata, mulai dari penutup tanah, semak, perdu dan pohon (tanaman tinggi berkayu); Sebentang lahan terbuka tanpa bangunan yang mempunyai ukuran, bentuk dan batas geografis tertentu dengan status penguasaan apapun, yang didalamnya terdapat tetumbuhan hijau berkayu dan tahunan, dengan pepohonan sebagai tumbuhan penciri utama dan tumbuhan lainnya (perdu, semak, rerumputan, dan tumbuhan penutup tanah lainnya), sebagai tumbuhan pelengkap, serta benda - benda lain yang juga sebagai pelengkap dan penunjang fungsi ruang terbuka hijau yang bersangkutan. , ruang terbuka hijau yang ideal paling sedikit 30% dari luas wilayah kota. Ruang terbuka hijau diperlukan untuk kesehatan, arena bermain, olah raga dan komunikasi publik. Pembinaan ruang terbuka hijau harus mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar-standar yang ada.

Proporsi ruang terbuka terdiri dari proporsi luas rumput, perdu, semak, pohon kecil dan pohon besar. Dari hasil analisis area yang ditanami rumput pada citra satelit terlihat berpola halus, berwarna hijau, tidak memiliki bayangan. Sedangkan untuk proporsi luas perdu, semak, dan pohon kecil yaitu area pada citra satelit terlihat tidak memiliki bayangan karena memiliki tinggi dibawah 3 m. Perdu pada citra satelit terlihat seperti bulatan berwarna hijau, bisa beraturan ataupun tidak beraturan. Pohon kecil pada citra satelit berdiameter sekitar ≤ 1 m. Selanjutnya untuk semak pada citra satelit terlihat berwarna hijau, tidak memiliki bayangan dan bertekstur tidak rata. Adapun untuk proporsi luas pohon pada unit analisis, area pada citra satelit terlihat memiliki bayangan dan berdiameter lebih dari 1 m.

b. Badan air (sungai)

Menurut Effendi (2009), badan air (sungai) dicirikan oleh arus yang searah relatif kencang, dengan kecepatan berkisar antara 0,1 – 1,0 m/detik, serta sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim, dan pola drainase. Pada perairan sungai, biasanya terjadi pencampuran massa air secara menyeluruh dan tidak terbentuk stratifikasi vertikal kolom air seperti pada perairan tergenang. Kecepatan arus, erosi, dan sedimentasi merupakan fenomena yang biasa terjadi di sungai sehingga kehidupan flora dan fauna

sangat dipengaruhi oleh ketiga variabel tersebut. Untuk proporsi badan air yang termasuk area badan air pada citra satelit yaitu sungai, tambak, dan saluran pembuangan air.

c. Bangunan

Bangunan adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukan baik yang ada diatas, di bawah tanah dan atau di air. Bangunan biasanya dikonotasikan dengan rumah, gedung ataupun segala sarana, prasarana atau infrastruktur dalam kehidupan manusia dalam membangun peradabannya. Suatu benda dapat dikatakan bangunan bila benda tersebut merupakan hasil karya orang dengan tujuan untuk kepentingan tertentu dari seseorang atau lebih dan benda tersebut tidak dapat dipindahkan kecuali dengan cara membongkar. Untuk proporsi bangunan yang termasuk area bangunan pada citra satelit yaitu gedung, perkantoran, pemukiman, dll.

d. Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau/ air serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Untuk proporsi jalan yang termasuk area jalan pada citra satelit yaitu terlihat terdapat kendaraan dan luasnya memanjang serta berbelok-belok.

e. Lahan Kosong

Menurut Arianto (2008), Lahan kosong adalah suatu wilayah di permukaan bumi yang mempunyai sifat-sifat agak tetap atau pengulangan sifat-sifat dari biosfer secara vertikal di atas maupun di bawah wilayah tersebut termasuk atmosfer, tanah geologi, geomorfologi, hidrologi, vegetasi, dan binatang yang merupakan hasil aktivitas manusia di masa lampau maupun masa sekarang, dan perluasan sifat-sifat tersebut mempunyai pengaruh terhadap penggunaan lahan oleh manusia disaat sekarang maupun dimasa yang akan datang. Untuk proporsi lahan kosong yang termasuk area lahan kosong pada citra satelit

yaitu terlihat berwarna coklat atau abu-abu, yang menunjukkan tanah tidak ditumbuhi rumput.

Dari komponen-komponen area diatas dilakukan delineasi dengan cara digitasi area tersebut. setelah dilakukan delineasi maka ditemukan suatu luasan area dalam satuan meter persegi. Berikut adalah contoh citra satelit yang sudah dilakukan delineasi pada lampiran 4.

4.5.4 Menghitung Luasan dan Proporsi Ruang Terbuka Hijau dan Non RTH

Setelah dilakukan digitasi masing-masing komponen maka dapat dilakukan kalkulasi atau perhitungan dari setiap komponen area. Luasan dari masing-masing area pasti berbeda bergantung pada kecepatan dan arah angin. Untuk hasil perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

4.6 Analisis Data Non Spasial

Analisis data non spasial yaitu perhitungan untuk memperoleh nilai laju perubahan konsentrasi kumulatif. Dimana nilai tersebut nantinya akan dibuat indikator apakah ruang terbuka hijau yang ada di lokasi penelitian mampu mereduksi pencemar sulfur dioksida apa tidak. Jika nilai dari laju perubahan konsentrasi sulfur dioksida menunjukkan positif, maka ruang terbuka hijau tidak mampu menyerap pencemar yang ada. Namun sebaliknya jika nilai laju perubahan konsentrasi menunjukkan negative, maka ruang terbuka hijau mampu menyerap pencemar yang ada di SPKU Taman Prestasi sesaat itu. Adapun penelitian ini yaitu menggunakan metode box model sehingga untuk perhitungan analisis data spasial menggunakan prinsip hukum kekekalan massa sesuai dengan metode penelitian yang telah dijelaskan pada bab 3.

4.6.1 Konsentrasi

Konsentrasi sulfur dioksida adalah perbandingan antara volume sulfur dioksida dengan volume udara ambien sesaat. Konsentrasi sulfur dioksida di udara ambien setiap saat berbeda, karena resultan dari proses yang kompleks. Dengan persamaan :

$$C = f(t) \dots\dots\dots(1)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan laju perubahan konsentrasi sulfur dioksida dimana laju perubahan konsentrasi sulfur dioksida untuk satu selang waktu (K) adalah perbedaan konsentrasi yang terjadi untuk satu selang waktu. Nilai K sesaat diperoleh dari deferensi persamaan fungsi waktu (pers.1), konsentrasi terhadap waktu dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \Delta C / \Delta t = dc/dt \dots\dots\dots(2)$$

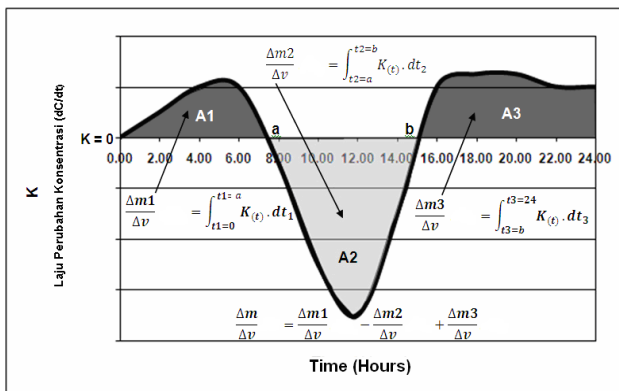
Jika nilai K bertanda positif, maka terjadi peningkatan konsentrasi sulfur dioksida udara ambien. Tetapi jika nilai K bertanda negative, maka terjadi penurunan konsentrasi sulfur dioksida (Chapra,2002).

4.6.2 Menghitung Kumulatif Konsentrasi Sulfur Dioksida (KSO_2)

Nilai kumulatif konsentrasi sulfur dioksida dalam satu rentang waktu (Δt) didapatkan dari integrasi terhadap waktu (t) dari persamaan laju perubahan konsentrasi sulfur dioksida (pers.2) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kumulatif konsentrasi } SO_2 = \int K. dt \dots\dots\dots(3)$$

Nilai kumulatif konsentrasi setara dengan luasan antara kurva $K = f(t)$ dengan garis $K = 0$. Digunakan metode numerik untuk menghitung luas kurva $K = f(t)$ dengan garis $K=0$ (Chapra, 2002). Sehingga dapat dibuat sebuah kurva luasan seperti gambar 4.12:



Gambar 4.13 Kurva Luasan Kumulatif Konsentrasi SO_2

Sumber : Chapra, 2002

Berikut adalah contoh perhitungan untuk nilai kumulatif konsentrasi SO_2 :

Tabel 4.16 Kumulatif Konsentrasi pada Tanggal 14 juni 2004:

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi		ΔC ($C_t - C_0$)	Δt ($t - t_0$)	$\Delta C / \Delta t$
	SUF1 Taman Prestasi	t			
0:00	88,69	0	0	0	0
0:30	28,56	30	-60,13	30	-2,00
1:00	28,17	60	-60,52	60	-1,01
1:30	27,44	90	-61,25	90	-0,68
2:00	27,84	120	-60,85	120	-0,51
2:30	28,82	150	-59,87	150	-0,40
3:00	28,91	180	-59,78	180	-0,33
3:30	28,67	210	-60,02	210	-0,29
4:00	29,76	240	-58,93	240	-0,25
4:30	29,63	270	-59,06	270	-0,22
5:00	28,97	300	-59,72	300	-0,20
5:30	30,83	330	-57,86	330	-0,18
6:00	31,44	360	-57,25	360	-0,16
6:30	48,53	390	-40,16	390	-0,10
7:00	57,47	420	-31,22	420	-0,07
7:30	65,30	450	-23,39	450	-0,05
8:00	45,81	480	-42,88	480	-0,09
8:30	41,64	510	-47,05	510	-0,09
9:00	39,43	540	-49,26	540	-0,09
9:30	37,49	570	-51,20	570	-0,09

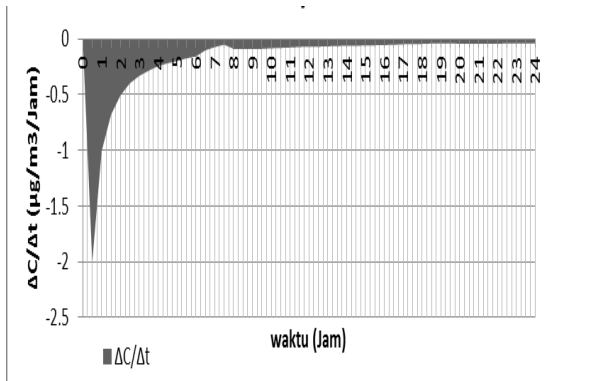
Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi	t	ΔC (Ct-C0)	Δt (t-t0)	$\Delta C/\Delta t$
	SUF1 Taman Prestasi				
10:00	37,86	600	-50,83	600	-0,08
10:30	37,14	630	-51,55	630	-0,08
11:00	37,42	660	-51,27	660	-0,08
11:30	38,45	690	-50,24	690	-0,07
12:00	38,99	720	-49,70	720	-0,07
12:30	36,41	750	-52,28	750	-0,07
13:00	36,65	780	-52,04	780	-0,07
13:30	36,90	810	-51,79	810	-0,06
14:00	36,66	840	-52,03	840	-0,06
14:30	35,48	870	-53,21	870	-0,06
15:00	35,26	900	-53,43	900	-0,06
15:30	34,98	930	-53,71	930	-0,06
16:00	35,52	960	-53,17	960	-0,06
16:30	36,24	990	-52,45	990	-0,05
17:00	38,84	1020	-49,85	1020	-0,05
17:30	38,62	1050	-50,07	1050	-0,05
18:00	39,58	1080	-49,11	1080	-0,05
18:30	42,16	1110	-46,53	1110	-0,04
19:00	41,07	1140	-47,62	1140	-0,04
19:30	40,09	1170	-48,60	1170	-0,04
20:00	36,09	1200	-52,60	1200	-0,04
20:30	35,17	1230	-53,52	1230	-0,04
21:00	32,62	1260	-56,07	1260	-0,04
21:30	31,79	1290	-56,90	1290	-0,04
22:00	31,61	1320	-57,08	1320	-0,04
22:30	31,55	1350	-57,14	1350	-0,04

Waktu / Time GMT+7 (WIB)	Konsentrasi		ΔC (Ct-C0)	Δt (t-t0)	$\Delta C/\Delta t$
	SUF1 Taman Prestasi	t			
23:00	30,35	1380	-58,34	1380	-0,04
23:30	29,50	1410	-59,19	1410	-0,04
24:00	29,04	1440	-59,65	1440	-0,04
SO2 rata-rata					
	93.23				
			Δt	30	
			f(t0)	0	
			f(tn)	-0,0414	
			$2 \sum_{i=n}^{n-1} f(ci)$	-8,3555	
			$\Delta t/2$	15	
			$2 \times \sum_{sp\ n} f(t0)+f(tn)$	-16,7111	
			$+2 \times \sum_{sp\ n}$	-16,7525	
			KSO2	-251,288	

Sumber : Hasil perhitungan

Sehingga dari kurva 4.14 dapat disimpulkan bahwa ruang terbuka hijau pada tanggal 14 Juni 2004 mampu mereduksi sulfur dioksida yang terpapar dalam selang waktu selama 24 jam sebesar 8,3555 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Semua rekapan hasil perhitungan kumulatif konsentrasi sulfur dioksida dapat dilihat pada lampiran 6. Jika nilai dari hasil perhitungan menunjukkan negatif maka terjadi proses reduksi tetapi sebaliknya jika nilai hasil perhitungan menunjukkan positif maka masih terjadi emisi.

Dari tabel diatas dapat dibuat suatu kurva kumulatif konsentrasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.14 Kurva Luasan Kumulatif Konsentrasi SO₂ tanggal 14 Juni 2004

Sumber : Hasil perhitungan

4.7 Pengaruh Ruang Terbuka Hijau dan Non RTH serta Faktor Meteorologi terhadap Nilai Reduksi Sulfur Dioksida dengan Uji Signifikansi

Pada penelitian kali ini digunakan outputan data berupa persamaan linear. Dimana di dalam persamaan linear dilakukan Uji Signifikansi. Telah dibahas di sub bab sebelumnya untuk uji signifikansi. Uji signifikansi digunakan karena untuk mendapatkan ramalan dari satu variabel dengan menggunakan variabel lain yang diketahui memiliki pengaruh antar keduanya. Yang digunakan sebagai variabel terikat yaitu nilai kumulatif konsentrasi sedangkan untuk variabel bebas adalah ruang terbuka hijau dan non ruang terbuka hijau serta faktor meteorologi.

Menurut Sugiyono (2009), bahwa variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas.

Menurut Ghozali dan Latan (2012), bahwa parameter ketepatan persamaan dilihat dari nilai determinasi (R-square) di atas 0.33

menunjukkan bahwa persamaan adalah moderat. Sebelumnya dilakukan terlebih dahulu uji signifikansi dengan jumlah data sebanyak 41 data dan untuk kalibrasi sebanyak 21 data. Berikut adalah hasil dari Uji signifikansi pada tabel 4.18. Namun hasil uji tersebut tidak ada unsur ruang maupun unsur meteorologi yang signifikan. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.17 Hasil Uji Signifikansi Nilai Reduksi Sulfur Dioksida terhadap Unsur Ruang dan Faktor Meteorologi dengan Jumlah Data Sebanyak 41 Data Uji dan 21 Data Kalibrasi

SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,252340015
R Square	0,063675483
Adjusted R Square	-0,170405646
Standard Error	87,24753796
Observations	41

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	8	16565,41	2070,6763	0,27202314	0,970527478
Residual	32	243588,25	7612,1329		
Total	40	260153,66			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3849,178519	26485,58817	0,1453307	0,88536136
Kecepatan Angin	-16,3067418	52,01001522	-0,3133385	0,75605678
Temperatur	3,719528662	22,59349975	0,1641857	0,87061767
Kelembaban	0,917211391	2,349917107	0,3903165	0,69888875
RTH	-38,8405257	265,4878517	-0,1462987	0,88460336
Badan Air	-41,9135982	265,6601123	-0,1577715	0,87562822

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Bangunan	-40,8875529	266,0775496	-0,1536678	0,87883667
Jalan	-38,9486563	264,9966242	-0,1469779	0,88407155
Lahan Kosong	-37,5114725	265,6035937	-0,141231	0,88857278

Sumber: Hasil Analisis

Dapat dilihat pada tabel hasil uji signifikansi diatas, bahwa tidak ada unsur ruang maupun unsur meteorologi yang signifikan ($P\text{-value} \leq 0,05$). Sehingga dari hal tersebut perlu dilakukan pengurangan data. Pengurangan data dilakukan pada data yang memiliki nilai konsentrasi yang memiliki fluktuasi yang tidak stabil (terjadi kenaikan konsentrasi yang tidak wajar disaat waktu tertentu saja). Dimana pengurangan data dilakukan bertujuan agar didapatkan hasil uji signifikansi yang sesuai dengan hipotesa.

Selanjutnya dilakukan Uji Signifikansi kembali antara nilai reduksi sulfur dioksida terhadap proporsi RTH dan non RTH serta faktor meteorologi dengan menggunakan 16 data uji dan 11 data untuk kalibrasi persamaan yang sudah didapatkan dari nilai uji signifikansi. Berikut adalah 16 data dan 11 data yang digunakan untuk uji signifikansi kedua dapat dilihat pada tabel 4.19. Kemudian untuk hasil dari uji signifikansi dapat dilihat pada tabel 4.20. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat unsur meteorologi yang berpengaruh yaitu temperatur dan kelembaban. Nilai dari $P\text{-value}$ temperatur yaitu 0,004 sedangkan $P\text{-value}$ kelembaban yaitu 0,005. Nilai tersebut $\leq 0,05$. Sehingga dapat diartikan bahwa temperatur dan kelembaban memiliki pengaruh terhadap nilai reduksi sulfur dioksida. Dari penelitian Dwivedi *et.al.*, 2008 bahwa Penurunan nilai belerang dioksida secara gradual dicatat selama bulan Agustus sampai September 1999, kemudian meningkat sampai Januari 2000. Akibatnya, nilai belerang dioksida yang lebih tinggi di udara ambien ditemukan saat musim dingin. Dari penelitian tersebut bahwa temperatur berpengaruh terhadap nilai konsentrasi sulfur dioksida. Pada musim dingin (temperatur tinggi maka nilai konsentrasi sulfur dioksida juga tinggi). Hal tersebut berbanding lurus antara nilai konsentrasi sulfur dioksida dengan temperatur udara.

Tabel 4.18 Besar Nilai Reduksi SO₂ , Proporsi Ruang Terbuka Hijau dan non RTH serta Faktor Meteorologi uji signifikansi 1:

Tanggal	KSO ₂	Kecepatan Angin	Temperatur	Kelembaban	RTH	Badan Air	Bangunan	Jalan	Lahan Kosong
11 Juni 2004	39,65	0,9	27,1	78,1	65,3	34,63	0,00	0,00	0,00
12 Juni 2004	-13,033	1,3	28,3	75,5	67,1	31,10	0,00	1,75	0,00
13 Juni 2004	288,12	1,7	28,4	68,8	60,3	26,07	9,15	4,39	0,00
14 Juni 2004	-251,28	1,9	28,0	60,2	59,6	22,07	11,53	6,74	0,00
15 Juni 2004	65,160	1,4	27,1	63,6	68,9	26,91	0,00	4,12	0,00
16 Juni 2004	55,953	1,7	27,2	65,3	60,9	23,99	8,85	6,23	0,00
17 Juni 2004	63,921	1,2	27,1	60,6	62,1	30,38	0,00	7,47	0,00
16 Nov 2009	2,0054	2,3	30,2	75,0	42,4	29,47	17,37	6,23	4,48
17 Nov 2009	-0,7653	2,1	29,1	79,3	44,8	27,28	15,23	7,49	5,12
18 Nov 2009	-0,0461	2,4	27,9	81,9	43,5	25,96	20,10	4,57	5,42
19 Nov 2009	6,2400	2,2	29,3	76,4	49,3	32,09	0,00	9,46	9,07
20 Nov 2009	3,9168	1,7	27,8	86,5	56,4	27,70	3,79	7,81	4,21
21 Nov 2009	8,7906	1,5	28,1	79,5	47,6	32,85	6,35	6,09	7,06
22 Nov 2009	-21,845	2,3	27,8	80,8	51,5	22,02	14,92	7,16	4,32
16 Juli 2010	-0,6894	1,1	29,4	69,0	54,3	37,20	3,43	0,00	5,00
17 Juli 2010	1,6819	1,2	29,4	71,5	53,0	37,74	2,23	0,00	7,02

Tanggal	KSO ₂	Kecepatan Angin	Temperatur	Kelembaban	RTH	Badan Air	Bangunan	Jalan	Lahan Kosong
20 Juli 2010	1,99	1,4	28,4	72,1	56,9	30,60	3,35	6,13	2,93
21 Juli 2010	0,243	0,9	28,4	68,6	64,1	35,86	0,00	0,00	0,00
22 Juli 2010	-1,215	1,2	28,3	66,6	57,5	28,56	4,50	0,00	9,42
06 Mei 2011	-47,7	1,6	28,0	83,1	58,6	34,58	6,80	0,00	0,00
7 Mei 2011	-7,692	1,5	27,5	87,3	54,6	36,03	9,33	0,00	0,00
8 Mei 2011	6,231	1,6	27,8	85,8	53,3	31,05	6,40	0,00	9,16
9 Mei 2011	3,825	1,6	28,9	77,0	55,1	29,18	2,87	0,00	12,80
10 Mei 2011	-50,164	1,7	29,1	77,1	57,1	27,66	3,17	6,09	5,93
11 Mei 2011	15,330	1,4	29,2	81,1	54,0	32,59	2,75	5,13	5,50
12 Mei 2011	17,16	2,4	29,1	83,8	30,2	31,13	12,28	13,1	13,25
12 Juni 2012	290,41	1,9	28,6	76,6	61,1	25,02	2,90	4,78	6,20
13 Juni 2012	4,511	2,2	28,4	69,8	53,7	22,98	12,79	3,52	6,97
14 Juni 2012	2,615	2,1	27,9	72,0	48,0	28,78	14,34	3,69	5,12
15 Juni 2012	-0,596	2,0	27,5	69,1	56,8	25,57	8,35	4,31	4,91
16 Juni 2012	-50,296	2,0	27,9	71,5	50,6	29,55	12,17	3,69	3,91
17 Juni 2012	6,5274	2,9	28,4	69,4	47,5	17,26	24,77	3,40	7,05
23 Agustus 2012	75,5248	1,0	27,1	69,3	66,0	26,14	0,00	0,00	7,82

Tanggal	KSO ₂	Kecepatan Angin	Temperatur	Kelembaban	RTH	Badan Air	Bangunan	Jalan	Lahan Kosong
25 Agustus 2012	16,9596	1,3	27,3	70,5	54,8	32,70	2,96	3,03	6,43
26 Agustus 2012	-11,3744	1,5	27,9	70,9	63,3	27,81	3,46	5,38	0,00
27 Agustus 2012	94,7299	0,8	28,2	73,1	54,2	18,40	18,40	0,00	8,94
28 Agustus 2012	45,1333	1,0	28,7	72,2	67,6	25,79	0,00	0,00	6,59
3 Februari 2013	0,0095	0,8	27,2	89,2	71,6	28,39	0,00	0,00	0,00
4 Februari 2013	1,1748	1,2	28,8	81,4	54,9	36,76	4,63	0,00	3,62
5 Februari 2013	-3,683	1,2	29,1	79,9	65,1	32,00	0,00	0,00	2,84
6 Februari 2013	0,0055	1,2	29,6	75,7	59,6	33,04	5,97	0,00	1,34
7 Februari 2013	-0,2362	1,4	29,1	78,7	60,5	31,24	6,30	0,00	1,90
8 Februari 2013	0,5467	1,1	29,9	75,3	64,3	30,70	4,97	0,00	0,00
9 Februari 2013	0,2622	1,2	29,5	75,5	56,0	37,69	6,31	0,00	0,00
5 September 2016	1,1737	1,0	29,6	78,2	57,9	30,51	6,26	5,28	0,00
6 September 2016	1,2198	1,1	29,7	76,6	56,5	32,25	6,83	4,43	0,00
7 September 2016	1,3605	1,2	30,1	75,0	48,3	38,87	8,28	4,49	0,00
8 September 2016	1,785	1,0	30,3	67,9	60,6	34,45	4,23	0,67	0,00
10-Sep-16	2,2557	0,8	30,1	69,1	63,0	30,53	0,00	0,00	6,45
11-Sep-16	3,2964	1,3	29,6	65,8	51,9	38,08	6,63	3,39	0,00
22 desember 2016	0,3728	3,8	29,5	71,1	39,4	11,44	37,32	4,52	7,31

Tanggal	KSO ₂	Kecepatan Angin	Temperatur	Kelembaban	RTH	Badan Air	Bangunan	Jalan	Lahan Kosong
24 desember 2016	0,4621	2,5	29,8	75,2	40,5	25,19	22,24	8,50	3,55
25 desember 2016	0,5418	2,3	29,8	70,7	46,1	27,73	18,23	5,32	2,62
26 desember 2016	0,5093	1,3	28,3	80,8	54,0	32,65	4,05	9,27	0,00
27 desember 2016	0,4044	1,5	28,0	87,7	49,8	32,79	3,10	10,50	3,78
28 desember 2016	0,2588	0,9	27,5	85,8	57,2	29,25	3,31	0,00	10,21

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.19 Besar Nilai Reduksi SO₂, Proporsi Ruang Terbuka Hijau dan non RTH serta Faktor Meteorologi Uji Signifikansi 2:

Tanggal	KSO ₂	Kecepatan Angin	Temperatur	Kelembaban	RTH	Badan Air	Bangunan	Jalan	Lahan Kosong
11 Juni 2004	39,657	0,9	27,1	78,1	65,3	34,63	0,00	0,00	0,00
12 Juni 2004	-13,033	1,3	28,3	75,5	67,1	31,10	0,00	1,75	0,00
15 Juni 2004	65,1606	1,4	27,1	63,6	68,9	26,91	0,00	4,12	0,00
16 Juni 2004	55,9538	1,7	27,2	65,3	60,9	23,99	8,85	6,23	0,00
17 Juni 2004	63,9218	1,2	27,1	60,6	62,1	30,38	0,00	7,47	0,00
18 Nov 2009	-0,0461	2,4	27,9	81,9	43,5	25,96	20,10	4,57	5,42
19 Nov 2009	6,2400	2,2	29,3	76,4	49,3	32,09	0,00	9,46	9,07
20 Nov 2009	3,9168	1,7	27,8	86,5	56,4	27,70	3,79	7,81	4,21
21 Nov 2009	8,7906	1,5	28,1	79,5	47,6	32,85	6,35	6,09	7,06
22 Nov 2009	-21,845	2,3	27,8	80,8	51,5	22,02	14,92	7,16	4,32
16 Juli 2010	-0,6894	1,1	29,4	69,0	54,3	37,20	3,43	0,00	5,00
17 Juli 2010	1,6819	1,2	29,4	71,5	53,0	37,74	2,23	0,00	7,02
18 Juli 2010	-18,967	1,7	28,6	77,7	58,1	27,55	4,08	6,36	3,87
20 Juli 2010	1,99	1,4	28,4	72,1	56,9	30,60	3,35	6,13	2,93
21 Juli 2010	0,2439	0,9	28,4	68,6	64,1	35,86	0,00	0,00	0,00

Tanggal	KSO ₂	Kecepatan Angin	Temperatur	Kelembaban	RTH	Badan Air	Bangunan	Jalan	Lahan Kosong
22 Juli 2010	-1,215	1,2	28,3	66,6	57,5	28,56	4,50	0,00	9,42
13 Juni 2012	4,5114	2,2	28,4	69,8	53,7	22,98	12,79	3,52	6,97
14 Juni 2012	2,6151	2,1	27,9	72,0	48,06	28,78	14,34	3,69	5,12
15 Juni 2012	-0,596	2,0	27,5	69,1	56,8	25,57	8,35	4,31	4,91
17 Juni 2012	6,5274	2,9	28,4	69,4	47,5	17,26	24,77	3,40	7,05
22 Agustus 2012	33,576	0,7	27,4	68,5	85,7	11,25	0,00	0,00	3,00
23 Agustus 2012	75,524	1,0	27,1	69,3	66,0	26,14	0,00	0,00	7,82
24 Agustus 2012	44,180	0,7	27,2	67,6	82,9	17,06	0,00	0,00	0,00
25 Agustus 2012	16,959	1,3	27,3	70,5	54,8	32,70	2,96	3,03	6,43
26 Agustus 2012	-11,37	1,5	27,9	70,9	63,3	27,81	3,46	5,38	0,00
27 Agustus 2012	94,729	0,8	28,2	73,1	54,2	18,40	18,40	0,00	8,94
28 Agustus 2012	45.133	1,0	28,7	72,2	67,6	25,79	0,00	0,00	6,59

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 Hasil Uji Signifikansi Nilai Reduksi Sulfur Dioksida terhadap Unsur Ruang dengan Jumlah Data Sebanyak 20 Data Uji dan 7 Data Kalibrasi

SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,45724604
R Square	0,20907394
Adjusted R Square	0,1651336
Standard Error	23,1108164
Observations	20

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	81,3857457	42,321871	-1,92302	0,070445
RTH	-1,6309162	0,747675931	2,181314	0,042666

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	9,661911736	33,14260267	0,291525	0,773982
Badan Air	0,019969581	1,125670521	0,01774	0,986041

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	16,3518072	7,64251064	2,139586	0,04634
Bangunan	-0,92696961	0,78889924	-1,17502	0,255298

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	6,54925634	9,940857639	0,658822	0,51835
Jalan	0,8995988	1,97139517	0,456326	0,653614

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	26,93770769	8,278139164	3,254078	0,004406
Lahan				
Kosong	-4,054133226	1,603471863	-2,52835	0,210295

Sumber : Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan koefisien determinasi (r^2) yang dihasilkan adalah 0,21 menunjukkan bahwa besarnya nilai reduksi SO_2 ditentukan oleh proporsi Ruang Terbuka Hijau sebesar 21% dan sisanya ditentukan oleh variabel lain

ruang terbuka hijau memiliki nilai koefisien negatif juga, terlihat pada hasil uji signifikansi diatas bahwa nilai negatif menunjukkan hubungan antara nilai reduksi sulfur dioksida dengan ruang terbuka hijau berbanding terbalik, semakin besar proporsi RTH maka semakin kecil nilai reduksi SO_2 . Pada penelitian kali ini ruang terbuka hijau memiliki nilai *P-value* sebesar 0,04 ($\leq 0,05$) dapat diartikan bahwa ruang terbuka hijau signifikan terhadap nilai reduksi sulfur dioksida. Menurut Selmi *et.al* (2010) bahwa tanaman mampu mereduksi paparan sulfur dioksida melalui penyerapan pada stomata. Kerusakan akut pada tanaman disebabkan kemampuan tanaman untuk mengubah sulfur dioksida yang diabsorpsi menjadi asam sulfat setelah itu menjadi sulfat. Garam-garam tersebut berkumpul pada ujung daun atau tepi daun. Sulfat yang terbentuk pada daun berkumpul dengan sulfat yang diabsorpsi melalui akar, dan jika diakumulasi terjadi gejala kronis yang ditandai dengan gugurnya daun. Klorosis/nekrosis akan terletak pada jaringan antar tulang daun terutama bagian pucuk atau pinggir daun.

Penelitian yang dilakukan oleh Silvius *et.al*, 1976 menunjukkan bahwa tanaman mampu menyerap sulfur dioksida melalui kloroplas daun. Dimana setelah itu diserap oleh sel sitoplasma yang dilanjutkan ke mesofil daun. Oleh sebab itu sulfur dioksida tetap berbahaya untuk tanaman karena dapat menggugurkan daun. Sulfur dioksida mengakibatkan klorosis dan nekrosis pada daun. Gas tersebut masuk ke dalam daun kemudian berubah menjadi bisulfid (HSO_3^-) dan sulfit (SO_3^-) yang bersifat non toksik, selanjutnya kedua senyawa tersebut akan diubah menjadi sulfat yang bersifat relatif kurang toksik. Sulfat 30 kali lebih merusak daripada sulfit. Laju pembentukan bisulfid (HSO_3^-) dan sulfit

(SO_3^-) relatif lebih cepat daripada pembentukan sulfat. Sedangkan untuk unsur ruang yang lain (badan air, bangunan, jalan dan lahan kosong) tidak signifikan terhadap nilai reduksi SO_2 karena hasil dari *P-value* yaitu $\geq 0,05$. Berikut adalah Tanaman yang mampu menyerap SO_2 :

Tabel 4.21 Serapan SO_2 pada Tanaman Pohon

No.	Nama Latin	Nama Lokal	Serapan SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1.	<i>Erythrina variegata</i>	Dadap kuning	68,31
2.	<i>Caliandra surinamensis</i>	Kaliandra	41,01
3.	<i>Samanea saman</i>	Ki hujan	35,37
4.	<i>Psidium guajava</i>	Jambu biji	30,8
5.	<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambu jepang	25,33
6.	<i>Eucalyptus alba</i>	Kayu putih	23,65
7.	<i>Cassia biflora</i>	Kasia golden	22,85
8.	<i>Cassia sp.</i>	Ayoga	21,91
9.	<i>Lansium domesticum</i>	Duku	20,28
10.	<i>Cinnamomum</i>	Kayu manis	13,06
	<i>zeylanicum</i>	hijau	
11.	<i>Nephelium lappaceum</i>	Rambutan	12,44
12.	<i>Acacia auriculiformis</i>	Akasia	12,39
13.	<i>Nephelium longanum</i>	Kelengkeng	12,35
14.	<i>Laucaena glauca</i>	Lamtoro	12,2
15.	<i>Cassia siamea</i>	Johar	8,82
16.	<i>Ficus elastica</i>	Beringin karet	8,86
17.	<i>Cyrtostachys lakka</i>	Palem merah	7,79
18.	<i>Cupressus papuana</i>	Cemara papua	7,8
19.	<i>Cyanometra cauliflora</i>	Nam-nam	7,31
20.	<i>Lagerstromia loudonii</i>	Bungur	6,13

No.	Nama Latin	Nama Lokal	Serapan SO ₂ (µg/m ³)
21.	<i>Phyllostachys sulphurea</i>	Bambu kuning	5,11
22.	<i>Polyaltia longifolia</i>	Glodogan tiang	3,61

Sumber : Nasrullah, dkk (2000)

Tabel 4.22 Serapan SO₂ pada Tanaman Semak

No.	Nama Latin	Nama Lokal	Serapan SO ₂ (µg/m ³)
1.	<i>Jacobina carnea</i>	Lolipop merah	100,02
2.	<i>Malphigia sp.</i>	Kihujan	93,28
3.	<i>Acalypha wilkesiana</i>	Akalipa merah	64,8
4.	<i>Pachystachys lutea</i>	Lolipop kuning	61,7
5.	<i>Mussaendah</i>	Nusa indah	53,53
	<i>erythrophylla</i>	merah	
	<i>Notopanax</i>	Daun	
6.	<i>scultellarium</i>	mangkakan	46,07
		Bougenvil merah	
7.	<i>Bougainvillea glabra</i>		45,44
8.	<i>Gardenia augusta</i>	Kaca piring	45,29
9.	<i>Coleus blumei</i>	Miana	41,7
		Hanjuang merah	
10.	<i>Cordilyne terminalis</i>		36,34
11.	<i>Rhododendron indicum</i>	Azalea	35,95
12.	<i>Lantana camara</i>	Lantana ungu	35,14
		Akalipa hijau	
13.	<i>Acalypha wilkesiana</i>	putih	31,24

No.	Nama Latin	Nama Lokal	Serapan SO ₂ (µg/m ³)
14.	<i>Scindapsus aureus</i>	Sirih belanda	25,63
15.	<i>Alpinia purpurata</i>	Lengkuas merah	24,55
16.	<i>Ixora javanica</i>	Ixora daun besar	23,86
17.	<i>Notophanax sarcofagus</i>	Kedondong laut	20,95
18.	<i>Crinum asiaticum</i>	Bakung	20,03
19.	<i>Nerium oleander</i>	Bunga mentega	20,03
20.	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	Palm kuning	19,48
21.	<i>Canna indica</i>	Kana	18,91
22.	<i>Iresine herbstii</i>	Bayam merah	18,86
23.	<i>Caladium hortulanum</i>	Keladi putih	18,5
24.	<i>Dracaena fragrans</i>	Drasena	17,74
25.	<i>Allamanda cathartica</i>	Alamanda	17,63

Sumber : Nasrullah, dkk (2000)

Adapun Menurut penelitian dari Santoso, 2010 bahwa Tumbuhan disekitar SPKU Taman Prestasi yang dapat menyerap SO₂ adalah Dadap kuning (*Erythrina variegata*), Akasia (*Acacia auriculiformis*), Beringin karet (*Ficus elastic*), Palem merah (*Cyrtostachys lakka*), Bungur (*Lagerstromia loudonii*), Akalipa Merah (*Acalypha wilkesiana*), Miana (*Coleus blumei*), Hanjuang Merah (*Cordilyne terminalis*), Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata*), Bakung (*Crinum asiaticum*), Palm Kuning (*Chrysalidocarpus utescens*), Kana (*Canna indica*), Keladi putih (*Caladium hortulanum*), Drasena (*Dracaena fragrans*), (Puring (*Codiaeum interuptum*).

Tabel 4.23 Hasil Uji Signifikansi Nilai Reduksi Sulfur Dioksida terhadap Unsur Meteorologi dengan Jumlah Data Sebanyak 20 Data Uji dan 7 Data Kalibrasi

SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,791774197
R Square	0,626906379
Adjusted R Square	0,556951325
Standard Error	16,83575191
Observations	20

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	697,1905907	154,13838	4,523147	0,000346558
Kecepatan Angin	-6,731439814	7,1821423	-0,9372467	0,362564631
Temperatur	19,75496	5,4682625	-3,6126592	0,002335899
Kelembaban	-1,6567466	0,6055045	-2,736142	0,014645191

Sumber : Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan koefisien determinasi (r^2) yang dihasilkan adalah 0,63 menunjukkan bahwa besarnya nilai reduksi SO_2 ditentukan oleh temperatur dan kelembaban udara sebesar 63% dan sisanya ditentukan oleh variabel lain

Dapat dilihat pada tabel diatas hasil koefisien nilai temperatur menunjukkan positif yaitu 19,75496. Hal tersebut sesuai dengan hipotesa bahwa nilai konsentrasi berbanding lurus dengan temperatur udara. Penelitian dari Istantinova (2012) menunjukkan bahwa konsentrasi SO_2 terbesar terjadi saat suhu udara rendah, sedangkan konsentrasi tinggi terjadi saat suhu udara tinggi. Sehingga antara suhu dan konsentrasi SO_2 berbanding lurus. Suhu udara tinggi menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hampir sama dengan densitas

udara diatasnya sehingga konsentrasi menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan.

Hal diatas terjadi karena adanya suhu yang tinggi akan mempercepat terjadinya penguraian (disosiasi) gas SO_2 . Semakin tinggi suhu udara maka jumlah gas SO_2 yang terdisosiasi menjadi S dan O_2 akan semakin banyak.

Adapun untuk kelembaban udara juga mampu mempengaruhi nilai konsentrasi sulfur dioksida, dapat dilihat pada tabel diatas, hasil dari koefisien kelembaban udara yaitu -1,6567466 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi sulfur dioksida berbanding terbalik dengan kelembaban udara. Menurut penelitian dari Bamahry (2012) hubungan antara kelembaban udara terhadap konsentrasi SO_2 adalah berbanding terbalik. Dimana semakin tinggi kelembaban udara maka konsentrasi SO_2 semakin rendah. Hal ini disebabkan karena penguapan uap air yang ditransfer ke udara oleh naiknya suhu udara, sehingga konsentrasi SO_2 mengalami penurunan. Akibatnya konsentrasi SO_2 menjadi asam. Dan dari hasil uji signifikansi sesuai dengan tabel 4.20 bahwa nilai kelembaban udara berbanding terbalik dengan nilai konsentrasi sulfur dioksida, hal tersebut menunjukkan sesuai dengan hipotesa yang ada bahwa semakin tinggi nilai kelembaban udara maka semakin rendah nilai konsentrasi SO_2 . Sedangkan untuk kecepatan angin tidak signifikan terhadap nilai reduksi SO_2 karena nilai dari *P-value* yaitu $\geq 0,05$.

4.8 Persamaan untuk Meningkatkan Nilai Reduksi SO_2 Udara ambien

Dari hasil uji signifikansi diketahui variabel yang berpengaruh terhadap nilai reduksi SO_2 (KSO_2) selama 24 jam yaitu variabel ruang terbuka hijau, non RTH dan meteorologi. Persamaan matematis untuk meningkatkan reduksi sulfur dioksida selama 24 jam dengan memakai regresi linear adalah sebagai berikut :

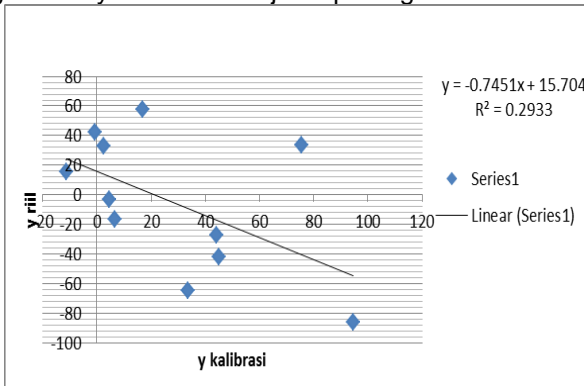
$$y = (81,3857457 - 1,6309162 \text{ RTH}) + (9,661911736 + 0,019969581 \text{ Br}) + (16,3518072 - 0,92696961 \text{ Ba}) + (6,54925634 + 0,8995988 \text{ Jln}) + (26,93770769 - 4,054133226 \text{ Lk}) + (697,1905907 - 6,731439814 \text{ v} + 19,75496 \text{ T} - 1,6567466 \text{ H}) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

v = kecepatan angin
T = Temperatur
H = Kelembaban
RTH = Ruang Terbuka Hijau
Br = Badan Air
Ba = Bangunan
Jl = Jalan
Lk = Lahan Kosong

4.9 Kalibrasi Persamaan untuk Meningkatkan Nilai Reduksi SO₂ Udara ambien

Kalibrasi persamaan menggunakan 7 data pada tahun 2012 dapat dilihat pada tabel 4.22. Hasil perbandingan nilai y riil dengan nilai y kalibrasi disajikan pada grafik dibawah ini :



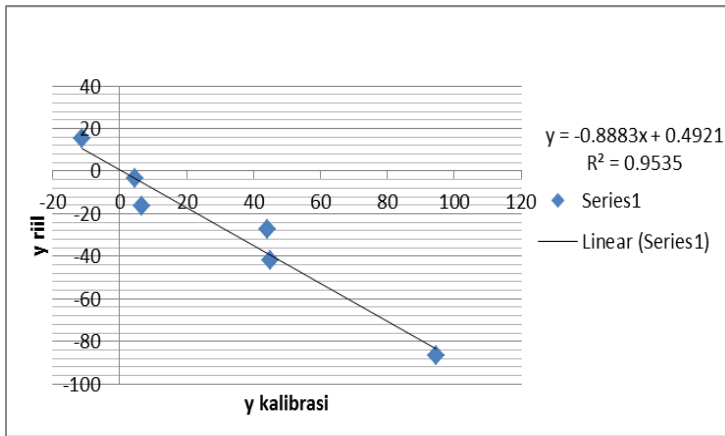
Gambar 4. 15 Grafik Korelasi antara y Riil dengan y Kalibrasi
Sumber : Hasil Analisis

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai korelasi R^2 yaitu 0,29 maka persamaan tersebut dikatakan kurang akurat. Sehingga perlu dilakukan pengurangan *outlier* agar persamaan moderat. Adapun menurut Arifin (2005) bahwa persamaan dikatakan akurat apabila nilai $R^2 > 0,6$. Pengurangan *outlier* dilakukan dengan metode visualisasi. Dimana *outlier* yang menjauhi garis linear akan dihapus. Pengurangan outlayer dilakukan pada data tanggal 15 Juni, 22 Agustus, 23 Agustus dan 25 Agustus. Setelah dilakukan pengurangan outlayer maka didapatkan hasil sebagai berikut pada grafik 4.16 :

Tabel 4.24 Besar Nilai Reduksi SO₂, Proporsi Ruang Terbuka Hijau dan non RTH serta Faktor Meteorologi Data Kalibrasi:

Tanggal	KSO ₂	Kecepatan Angin	Temperatur	Kelembaban	RTH	Badan Air	Bangunan	Jalan	Lahan Kosong	Kalibrasi
22 Agustus 2012	33,5769	0,7	27,4	68,5	85,75	11,25	0,00	0,00	3,00	-64,955
23 Agustus 2012	75,5248	1,0	27,1	69,3	66,04	26,14	0,00	0,00	7,82	33,45362
24 Agustus 2012	44,1809	0,7	27,2	67,6	82,94	17,06	0,00	0,00	0,00	-27,4389
25 Agustus 2012	16,9596	1,3	27,3	70,5	54,88	32,70	2,96	3,03	6,43	57,44783
26 Agustus 2012	-11,3744	1,5	27,9	70,9	63,35	27,81	3,46	5,38	0,00	15,38553
27 Agustus 2012	94,7299	0,8	28,2	73,1	54,26	18,40	18,40	0,00	8,94	-86,4658
28 Agustus 2012	45,1333	1,0	28,7	72,2	67,62	25,79	0,00	0,00	6,59	-41,9769

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. 16 Grafik Korelasi dengan Penghilangan *Outlier* antara y Riil dengan y Kalibrasi

Sumber : Hasil Analisis

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil perbandingan antara y riil dan y kalibrasi memiliki nilai korelasi R^2 yaitu 0,95 nilai tersebut diatas 0,6. Sehingga dapat dikatakan bahwa persamaan akurat.

4.10 Implikasi Persamaan untuk Meningkatkan Nilai Reduksi SO_2 Udara ambien

Persamaan matematis (4) dapat diimplikasikan dengan syarat sebagai berikut :

- konsentrasi sulfur dioksida berada pada rentang 30,4-231,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- kecepatan angin rata-rata pada rentang 0,9-2,9 m/dt.
- kelembaban udara pada rentang 60,6-79,5 %

d. Temperatur udara pada rentang 27,1-29,4 °C.

e. nilai reduksi sulfur dioksida pada rentang -21,8459 hingga 94,7299

Dari keseluruhan data didapatkan kondisi terburuk sebagai berikut konsentrasi rata-rata SO_2 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kecepatan angin 1,5 m/dt, kelembaban udara 74,6% dan temperatur 28,6°C. sehingga dari pernyataan diatas persamaan $y = -0,8883x + 0,4921$ dapat diterapkan untuk penelitian lain jika pada penelitian lain memiliki data pada range yang telah disebutkan pada sub bab ini.

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pola perubahan konsentrasi sulfur dioksida berfluktuatif. Dimana hal tersebut karena ada perbedaan waktu siang hari dan malam hari. Hal lain yang mempengaruhi fluktuasi konsentrasi sulfur dioksida yaitu kecepatan angin, suhu udara dan kelembaban udara. Adapun untuk perbedaan musim kemarau dan penghujan juga mempengaruhi fluktuasi konsentrasi sulfur dioksida.
2. Hasil penelitian menyatakan bahwa proporsi Ruang Terbuka Hijau disekitar SPKU Taman Prestasi mampu mempengaruhi nilai reduksi SO_2 sebesar 21% dan faktor meteorologi yang mampu mempengaruhi nilai reduksi SO_2 yaitu kelembaban dan temperatur udara dengan presentase sebesar 63%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian kali ini adalah :

1. Untuk penelitian lebih lanjut, dapat dilakukan peninggian sensor pada alat SPKU Taman Prestasi agar luasan *box* yang didapatkan lebih luas dan menjangkau peruntukan wilayah SPKU.
2. Pada penelitian selanjutnya, dapat menggunakan semua Stasiun Pemantau Kualitas Udara yang masih aktif di Surabaya dan dengan parameter pencemar yang jarang digunakan seperti Ozon.

Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Dedi., Damri., Ilza, Mirna. 2016. *Analisis CO dan Paparan SO₂ pada Petugas Parkir di Basement Mall Ska Kota Pekanbaru*. Volume 3. No.1. Riau : Universitas Riau.
- Arini, F. 2010. *Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi Terhadap Emisi Karbon di Surabaya Bagian Timur*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Bamahry, Cretaceous F. 2012. *Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Besarnya Konsentrasi SO₂*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Chapra, S.C., Canale R.P. 2002. *Numerical Methods for Engineers : with Software and Programming Application*, McGraw-Hill. Boston.
- Desvina, A.P. 2011. *Peramalan Particulate Matter (PM₁₀) di Kajang Malaysia dengan Menggunakan Model Autoregressive*. Riau : Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska.
- Dwivedi, A.K., Tripadhi, B.D. dan Sashi. 2008. *Effect of Ambient Air Sulphur Dioxide on Sulphate Accumulation in Plants*. Vol.3. Halaman 377-379.
- Effendi, H.N. 2008. *Studi Kemampuan Tanaman dalam Menyerap Polutan*, Thesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Finn, D., Clawson, K.L. dan Carter, R.G. 2010. *Analysis of Urban Atmosphere Plume Concentration Fluctuation*. 136:431-456.
- Fontanella, L. 2007. *Environmental Analysis by Dynamic Structural Equation Models*, *Environmetrics* 8 (3): 265-283.
- Ghozali, I. dan H. Latan. 2012. *Partial Least Squares, Konsep, Teknik dan Aplikasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Gratimah. 2009. *Tesis : Analisa Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂ Antropogenik di Pusat Kota Medan*. Medan : Universitas Sumatera Utara.

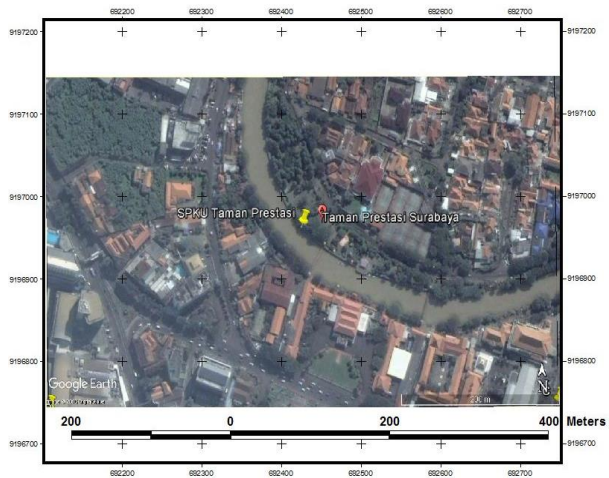
- Hakim, Rustam. 2008. *Arsitektur Landscape, Manusia, Alam dan Lingkungan*. Jakarta : FALTL Universitas Trisakti.
- Havendri, Adly. 2008. *Kajian Eksperimental Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel Minyak Jarak (Jathropa Kurkas) dengan Solar*. Volume 1. No. 29. Padang : Universitas Andalas.
- Huang, et.al. 2010. *Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house price*. International Journal of Geographical Information Science, 24, 383-401.
- Hutapea, Rony H. 2015. *Potensi Paparan Sulfur Dioksida pada Masyarakat di Sekitar Wilayah Industri di Musim Kemarau*. Bogor : Departemen Geofisika dan Meteorologi, Jurusan Matematika, Institut Pertanian Bogor.
- Istantinova, Dea B., Hadiwidodo, M., Handayani, Dwi S. 2012. *Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban, dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida dalam Udara Ambien disekitar PT.X*. Semarang : Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- Jungers, et.al. 2007. Jurnalingkungan.wordpress.com/sulfur/. Diakses pada Rabu, 19 Oktober 2016.
- Lee, M.H., dan Suhartono. 2012. *Seasonal ARIMA for Forecasting Air Pollution Index : A Case Study American Journal of Applied Sains* 9 570-578.
- Lopez, Cima M.F. 2011. *Lung Cancer Risk and Pollution in an Industrial Region of Northern Spain : a Hospital-based Case-control Study*. International Journal of Health Geographics 10:10.
- Mangkoedihardjo, S., Ganjar S. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Semarang : Graha Ilmu.
- Muzayanah. 2010. *Reduksi Konsentrasi PM₁₀ di Ruang Terbuka Hijau Kota Surabaya*. Malang : Universitas Brawijaya, Program Doktor Ilmu Pertanian.
- Nuraini. 2014. *Analisis Statistik Terhadap Polutan Udara Partikulat (PM₁₀) Berdasarkan Pengukuran Stasiun*

- Pemantau Taman Prestasi dengan Metode Bootstrap Time Series*. Surabaya : Jurusan Statistika ITS.
- Peraturan menteri pekerjaan umum no.5 tahun 2008.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No.10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak.
- Pohan, Nurhasmawaty. 2006. *Pencemaran Udara dan Hujan Asam*. Universitas Sumatera Utara: Program Studi Teknik Kimia.
- Profil Kota Surabaya.2016. <http://dinkominfo.surabaya.go.id>. 14 Maret 2017.
- Putri, D.S. 2013. *Estimasi Konsentrasi Nitrogen Dioksida dan Karbonmonoksida di Udara Surabaya Menggunakan Interpolasi Cokriging*. Surabaya : Skripsi Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan, ITS.
- Rini, Setiyo T. 2006. *Kebijakan Sistem Transportasi Kota Surabaya dalam Rangka Pengendalian Pencemaran Udara Area Transportasi*. Volume 1. No. 2. Surabaya : Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- Sari, Erly N. 2013. *Gambaran Kualitas Udara Ambien Kaitannya dengan Gangguan Fungsi Paru Pedagang Tetap di Terminal Joyoboyo Surabaya*. Jurnal of Occupational Safety and Health. Vol 2, No.1 Jan-Juni 2013: 90-95
- Sander, R., Baumgartner, A., dan Gromov, S. 2011. *The Atmospheric Chemistry Box Model CAABA*. Germany : Institute For Atmospheric Physics.
- Selmi, Wissal., Weber, C., Mehdi, L. 2016. *Air Pollution Removal by Trees in Public Green space in Strasbourg City, France*. Page 192-201. France : Universite de Strasbourg.
- Silvius, J.E., H. Charles, Dodrill, S., dan Patrick H. 1976. *Photoreduction of Sulphur Dioxide by Spinach leaves and Isolated Spinach Chloroplast*. Vol. 57. Halaman 799-801.
- Siregar, Edy Batara M. 2006. *Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya pada Manusia*. Medan : Universitas Sumatera Utara, Fakultas Pertanian, Program Studi Kehutanan.
- Stroh,E., Oudin,A., dan Gustafsson,S. 2010. *Are Associations Between Socio-economic Characteristics and Exposure to Air Pollution a Question of Study Area Size*. *International Journal of Health Geographics* 4:30-42.

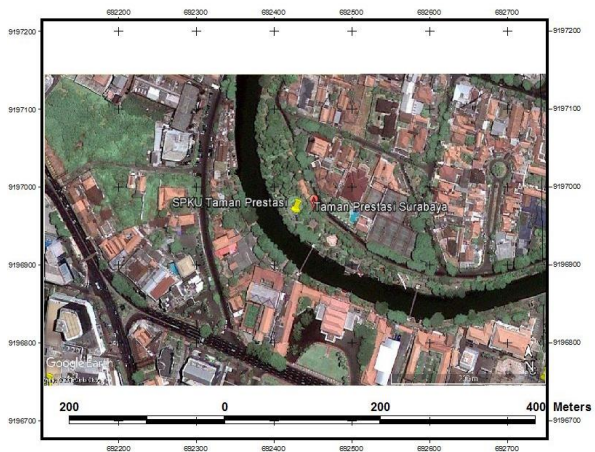
- Syamdermawan, W., Surjono dan Kurniawan, Eddi Basuki. 2012. *Pengaruh Ruang Terbuka Hijau Terhadap Kualitas Lingkungan pada Perumahan Menengah Atas*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol. 35. No. 1. Page : 81-92.
- Triyono, J. dan Wahyudi, K. 2008. *Aplikasi Sistem Informasi Geografi Tingkat Pencemaran Industri*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Volume 1. No. 1.
- Undang-Undang No.26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. Pasal 29 ayat 2.
- UNEP. 2007. *Polusi Udara di Kota-Kota Besar*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Warner,H. 2007.www.scribd.com/doc/313338025/Pencemaran-Udara. Diakses pada Kamis, 20 Oktober 2016.
- World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen. 2000. *Air Quality Guidelines 2th Edition*. Europe: WHO Regional Publication.

LAMPIRAN 1

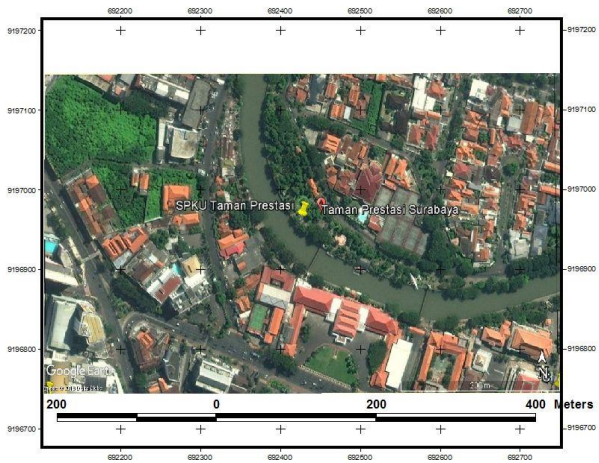
2004



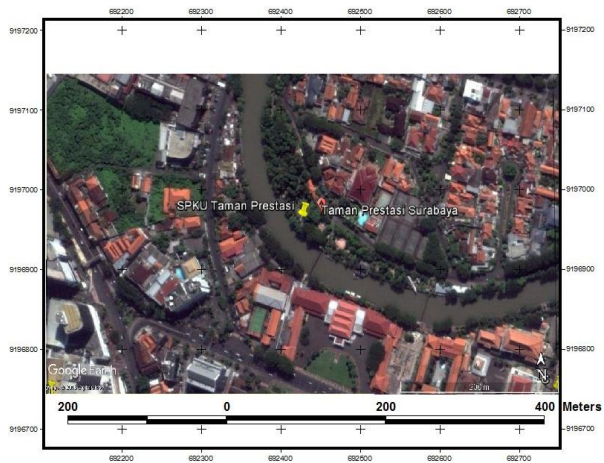
2009



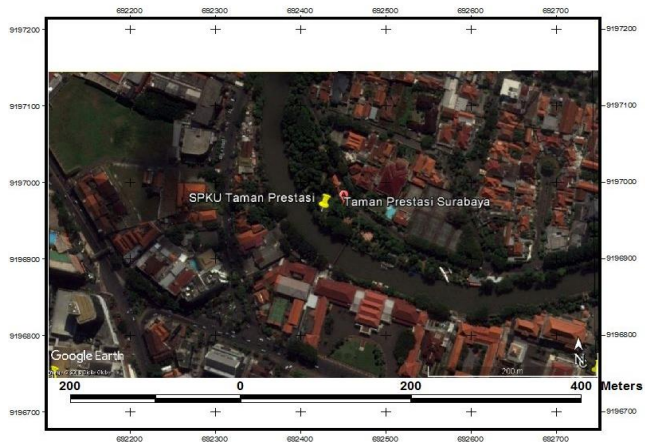
2010



2011



2012



2013



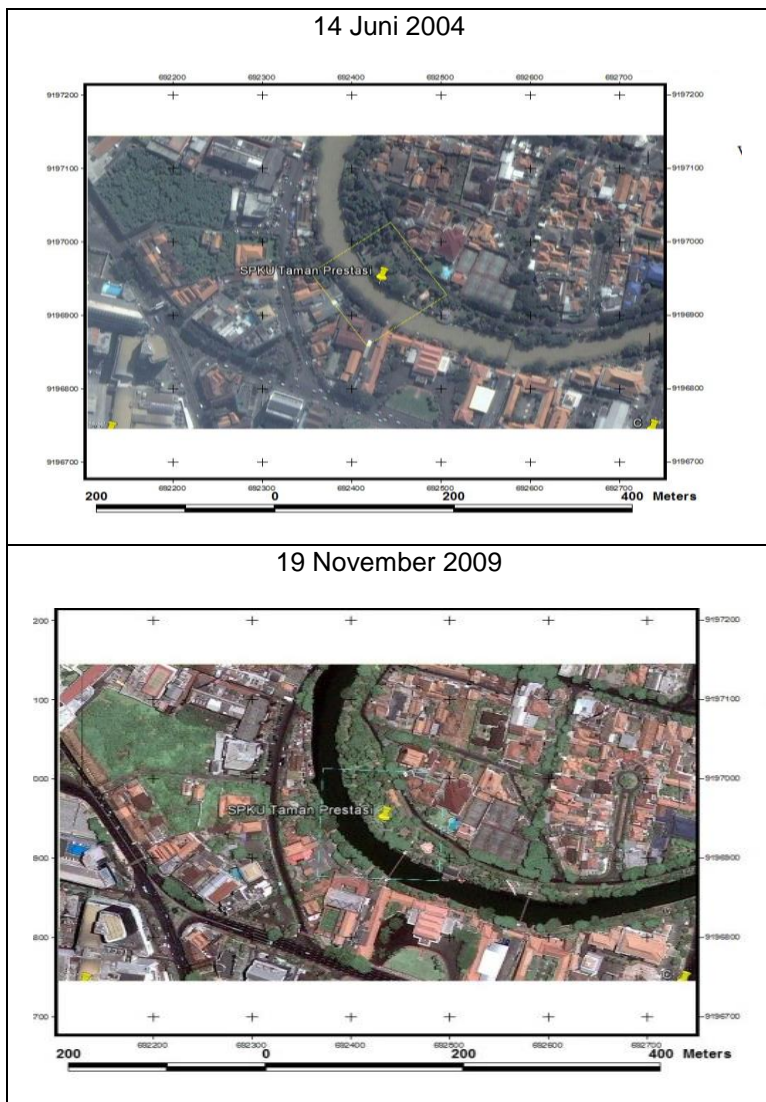
LAMPIRAN 2

No.	Tanggal Citra	Tanggal Data	Hasil Pengolahan Data	
			Panjang Sisi Box (m)	Kemiringan Box (o)
1	14 Juni 2004	11 Juni 2004	52,77	147,64
		12 Juni 2004	75,08	253,70
		13 Juni 2004	101,58	187,61
		14 Juni 2004	116,44	34,75
		15 Juni 2004	81,19	35,27
		16 Juni 2004	100,05	29,39
		17 Juni 2004	69,53	26,45
2	19-Nov-09	16-Nov-09	136,10	261,66
		17-Nov-09	125,45	276,46
		18-Nov-09	146,29	274,58
		19-Nov-09	130,86	267,17
		20-Nov-09	100,21	220,17
		21-Nov-09	89,25	188,29
		22-Nov-09	138,90	229,33
3	19 Juli 2010	16 Juli 2010	66,02	111,27
		17 Juli 2010	70,93	147,73
		18 Juli 2010	100,90	132,07
		19 Juli 2010	57,00	122,15
		20 Juli 2010	85,41	141,49
		21 Juli 2010	52,36	178,47
		22 Juli 2010	71,67	155,69
4	09 Mei 2011	6 Mei 2011	92,71	212,54
		7 Mei 2011	88,25	250,34
		8 Mei 2011	94,88	249,44
		9 Mei 2011	97,23	146,67

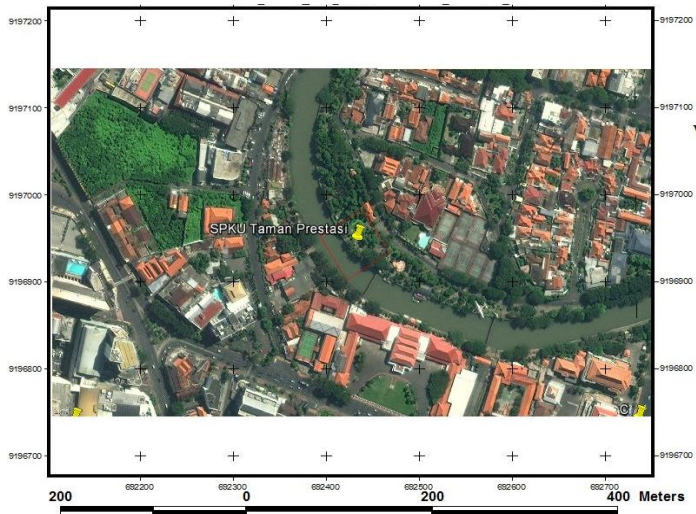
No.	Tanggal Citra	Tanggal Data	Hasil Pengolahan Data	
			Panjang Sisi Box (m)	Kemiringan Box (o)
5	15 Juni 2012	10 Mei 2011	101,32	140,53
		11 Mei 2011	83,86	119,24
		12 Mei 2011	141,76	119,73
		12 Juni 2012	114,62	131,48
		13 Juni 2012	131,80	151,63
		14 Juni 2012	128,41	179,31
		15 Juni 2012	116,87	150,79
		16 Juni 2012	117,54	167,73
		17 Juni 2012	171,05	131,34
		22 Agustus 2012	39,58	184,90
		23 Agustus 2012	61,28	168,94
		24 Agustus 2012	44,36	152,57
6	25 Agustus 2012	25 Agustus 2012	74,89	225,75
		26 Agustus 2012	91,70	220,14
		27 Agustus 2012	46,46	206,87
		28 Agustus 2012	59,85	223,24
		3 Februari 2013	49,02	146,53
		4 Februari 2013	73,95	145,89
7	06 Februari 2013	5 Februari 2013	73,50	185,89
		6 Februari 2013	73,00	192,49
		7 Februari 2013	84,87	235,24
		8 Februari 2013	64,59	169,36
		9 Februari 2013	72,84	206,11
		5-Sep-16	60,39	87,24
8	8-Sep-16	6-Sep-16	63,76	88,84
		7-Sep-16	71,00	111,11

No.	Tanggal Citra	Tanggal Data	Hasil Pengolahan Data	
			Panjang Sisi Box (m)	Kemiringan Box (o)
		8-Sep-16	59,43	135,53
		9-Sep-16	61,73	98,97
		10-Sep-16	47,60	109,88
		11-Sep-16	77,87	169,75
9	25 Desember 2016	22 Desember 2016	228,87	316,08
		23 Desember 2016	193,81	308,80
		24 Desember 2016	149,50	275,03
		25 Desember 2016	138,87	264,94
		26 Desember 2016	79,44	193,51
		27 Desember 2016	90,99	230,69
		28 Desember 2016	53,87	210,32

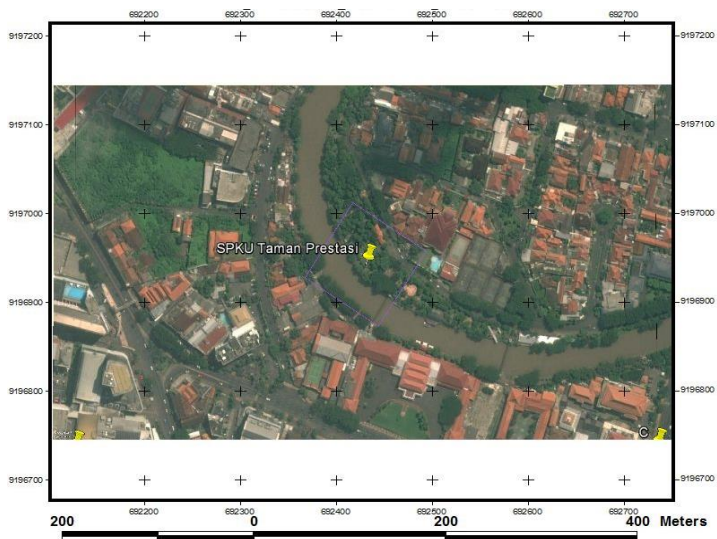
LAMPIRAN 3



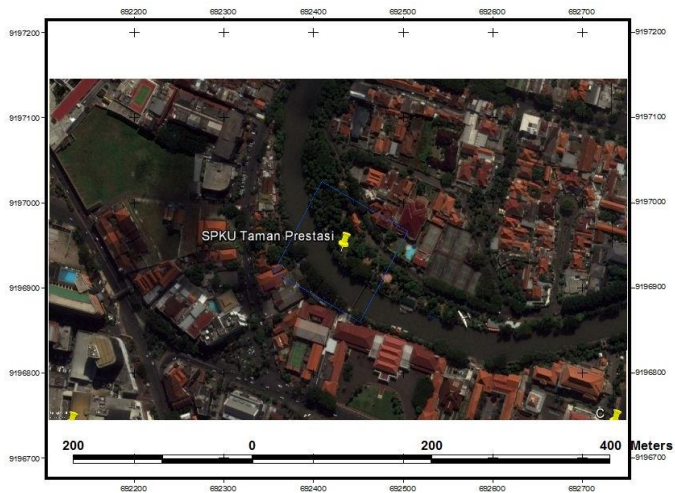
19 Juli 2010



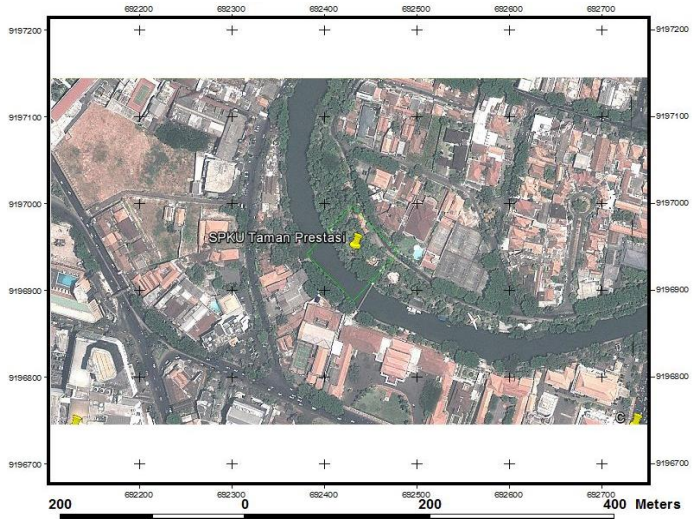
09 Mei 2011



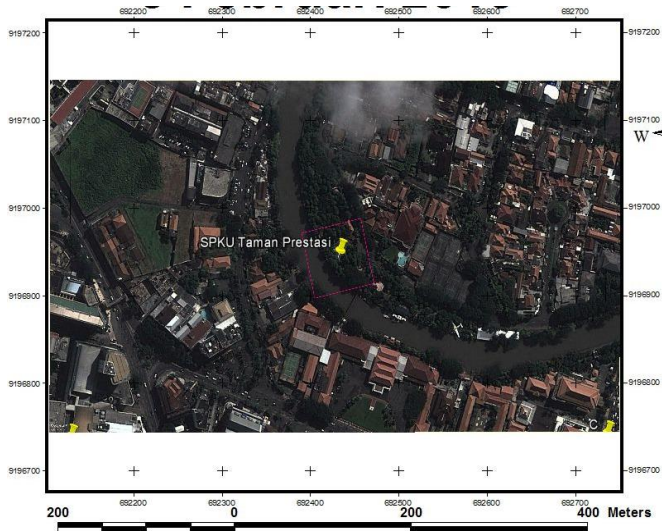
15 Juni 2012



25 Agustus 2012



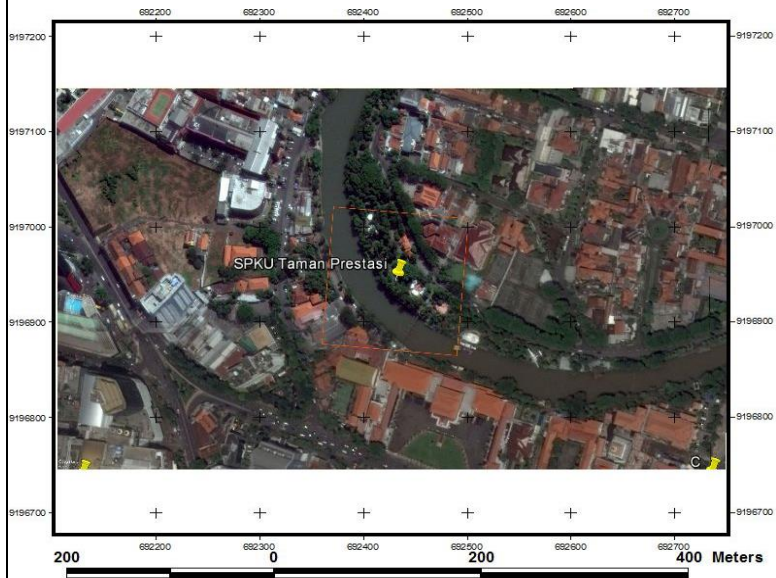
05 Februari 2013



08 September 2016



25 September 2016



LAMPIRAN 4

Contoh Delineasi Badan Air



Contoh Delineasi Ruang Terbuka Hijau



LAMPIRAN 5

Tanggal	Luasan Total Area (m2)	Luasan RTH (m2)	Luasan Badan Air (m2)	Luasan Bangunan (m2)	Luasan Jalan (m2)	Luasan Lahan Kosong (m2)	RTH %	Badan Air %	Bangunan %	Jalan %	Lahan Kosong %
11 Juni 2004	2784,7014	1820,4867	964,2147	0,0000	0,0000	0,0000	65,37	34,63	0,00	0,00	0,00
12 Juni 2004	5636,6988	3785,832	1751,9757	0,0000	98,8911	0,0000	67,16	31,10	0,00	1,75	0,00
13 Juni 2004	10318,897	6231,7193	2690,6001	943,9931	452,5845	0,0000	60,39	26,07	9,15	4,39	0,00
14 Juni 2004	13557,1795	8089,1974	2991,5187	1562,7654	913,698	0,0000	59,67	22,07	1,53	6,74	0,00
15 Juni 2004	6592,3535	4546,2549	1774,307	0,0000	271,7916	0,0000	68,96	26,91	0,00	4,12	0,00
16 Juni 2004	10010,5661	6100,0345	2401,3351	885,8707	623,3258	0,0000	60,94	23,99	8,85	6,23	0,00
17 Juni 2004	4834,3794	3004,8064	1468,5826	0,0000	360,9904	0,0000	62,15	30,38	0,00	7,47	0,00
16-Nov-09	18522,5923	7864,5365	5458,3746	3216,5695	1153,5388	829,5729	42,46	29,47	1,37	6,23	4,48
17-Nov-09	15736,8136	7063,4806	4293,0459	2396,6839	1178,4039	805,1993	44,89	27,28	1,23	7,49	5,12
18-Nov-09	21401,586	9406,3403	5555,748	4300,9326	978,7677	1159,7974	43,59	25,96	2,10	4,57	5,42
19-Nov-09	17124,7979	8457,3461	5494,9822	0,0000	1619,2571	1553,2179	49,39	32,09	0,00	9,46	9,07
20-Nov-09	10041,9002	5672,5859	2781,6172	380,5543	784,5069	422,6359	56,49	27,70	3,79	7,81	4,21
21-Nov-09	7965,0641	3795,3182	2616,4524	505,9639	484,7181	562,6115	47,65	32,85	6,35	6,09	7,06
22-Nov-09	19292,7780	9952,554	4247,3948	2877,895	1380,8081	834,1261	51,59	22,02	1,92	7,16	4,32
16 Juli 2010	4358,9811	2370,0698	1621,3839	149,3607	0,0000	218,1667	54,37	37,20	3,43	0,00	5,00
17 Juli 2010	5031,0649	2666,9682	1898,4955	112,3469	0,0000	353,2543	53,01	37,74	2,23	0,00	7,02
18 Juli 2010	10180,0045	5917,6181	2804,9549	415,7329	647,7446	393,9540	58,13	27,55	4,08	6,36	3,87
19 Juli 2010	3249,0000	1863,8709	1183,4363	0,0000	0,0000	201,6928	57,37	36,42	0,00	0,00	6,21
20 Juli 2010	7294,6696	4157,5601	2231,9895	244,3728	447,1352	213,6120	56,99	30,60	3,35	6,13	2,93
21 Juli 2010	2741,5799	1758,3375	983,2424	0,0000	0,0000	0,0000	64,14	35,86	0,00	0,00	0,00
22 Juli 2010	5137,1322	2954,6080	1467,313	231,2559	0,0000	483,9553	57,51	28,56	4,50	0,00	9,42
06 Mei 2011	8594,5205	5037,6368	2972,1611	584,7226	0,0000	0,0000	58,61	34,58	6,80	0,00	0,00
7 Mei 2011	7788,5437	4255,6044	2805,9281	727,0112	0,0000	0,0000	54,64	36,03	9,33	0,00	0,00
8 Mei 2011	9002,7876	4806,4672	2795,4242	576,1015	0,0000	824,7947	53,39	31,05	6,40	0,00	9,16
9 Mei 2011	9454,5326	5214,61	2758,4375	271,1596	0,0000	1210,3255	55,15	29,18	2,87	0,00	12,80
10 Mei 2011	10265,2493	5865,8927	2839,6319	325,3571	625,1256	609,2421	57,14	27,66	3,17	6,09	5,93

Tanggal	Luasan Total Area (m2)	Luasan RTH (m2)	Luasan Badan Air (m2)	Luasan Bangunan (m2)	Luasan Jalan (m2)	Luasan Lahan Kosong (m2)	RTH %	Badan Air %	Bangunan %	Jalan %	Lahan Kosong %
11 Mei 2011	7031,7630	3799,3857	2291,477	193,4114	360,4282	387,0607	54,03	32,59	2,75	5,13	5,50
12 Mei 2011	20097,2287	6074,3831	6256,953	2468,4088	2635,4256	2662,0582	30,22	31,13	12,28	13,11	13,25
12 Juni 2012	13137,3675	8026,46	3286,7414	381,6370	627,8954	814,6337	61,10	25,02	2,90	4,78	6,20
13 Juni 2012	17371,3733	9336,0916	3991,7805	2222,4070	610,8405	1210,2537	53,74	22,98	12,79	3,52	6,97
14 Juni 2012	16489,8619	7925,7848	4746,3426	2364,8584	607,8224	845,0534	48,06	28,78	14,34	3,69	5,12
15 Juni 2012	13659,4118	7766,3564	3493,018	1140,1373	589,2922	670,6079	56,86	25,57	8,35	4,31	4,91
16 Juni 2012	13816,4862	7002,2912	4082,1844	1681,6403	510,1729	540,1974	50,68	29,55	12,17	3,69	3,91
17 Juni 2012	29259,8474	5049,5359	7248,6592	996,1649	996,1649	2062,4339	47,52	17,26	24,77	3,40	7,05
22 Agustus 2012	1566,7202	1343,5101	176,1887	0,00000	0,00000	47,02140	85,75	11,25	0,00	0,00	3,00
23 Agustus 2012	3755,0654	2479,7723	981,6075	0,00000	0,00000	293,68560	66,04	26,14	0,00	0,00	7,82
24 Agustus 2012	1967,5985	1631,9592	335,6393	0,00000	0,00000	0,00000	82,94	17,06	0,00	0,00	0,00
25 Agustus 2012	5608,399	3077,9688	1834,2173	165,95780	169,72680	360,52830	54,88	32,70	2,96	3,03	6,43
26 Agustus 2012	8409,7628	5327,3756	2338,9606	290,74880	452,67780	0,00000	63,35	27,81	3,46	5,38	0,00
27 Agustus 2012	2158,0943	1170,9741	397,1265	397,12650	0,00000	192,86720	54,26	18,40	18,40	0,00	8,94
28 Agustus 2012	3582,2233	2422,1582	923,9935	0,00000	0,00000	236,07160	67,62	25,79	0,00	0,00	6,59
3 Februari 2013	2402,8920	1720,8042	682,0878	0,00000	0,00000	0,00000	71,61	28,39	0,00	0,00	0,00
4 Februari 2013	5468,6062	3007,3060	2010,5	253,01380	0,00000	197,78640	54,99	36,76	4,63	0,00	3,62
5 Februari 2013	5402,3044	3520,1310	1728,9517	0,00000	0,00000	153,22170	65,16	32,00	0,00	0,00	2,84
6 Februari 2013	5328,4869	3178,5512	1760,366	318,18100	0,00000	71,38870	59,65	33,04	5,97	0,00	1,34
7 Februari 2013	7202,4229	4362,0087	2250,0085	453,74090	0,00000	136,66480	60,56	31,24	6,30	0,00	1,90
8 Februari 2013	4171,5168	2683,7762	1280,6237	207,11690	0,00000	0,00000	64,34	30,70	4,97	0,00	0,00
9 Februari 2013	5306,0717	2971,2169	1999,9765	334,87830	0,00000	0,00000	56,00	37,69	6,31	0,00	0,00
5 September 2016	3646,4108	2113,1023	1112,6125	228,30610	192,38990	0,00000	57,95	30,51	6,26	5,28	0,00
6 September 2016	4065,4365	2296,796	1311,0332	277,60730	180,00000	0,00000	56,50	32,25	6,83	4,43	0,00
7 September 2016	5041,1508	2437,7709	1959,5861	417,34010	226,45370	0,00000	48,36	38,87	8,28	4,49	0,00
8 September 2016	3389,6802	2055,8956	1167,6504	143,52220	22,61200	0,00000	60,65	34,45	4,23	0,67	0,00
9 September 2016	3766,1296	2548,6529	1058,8471	134,71890	23,91070	0,00000	67,67	28,11	3,58	0,63	0,00

Tanggal	Luasan Total Area (m2)	Luasan RTH (m2)	Luasan Badan Air (m2)	Luasan Bangunan (m2)	Luasan Jalan (m2)	Luasan Lahan Kosong (m2)	RTH %	Badan Air %	Bangunan %	Jalan %	Lahan Kosong %
10 September 2016	2265,9111	1428,1041	691,7042	0,00000	0,00000	146,10280	63,03	30,53	0,00	0,00	6,45
11 September 2016	6063,5929	3146,8416	2309,0645	402,16910	205,51770	0,00000	51,90	38,08	6,63	3,39	0,00
22 desember 2016	52383,6066	20641,7253	5994,7207	19548,17330	2367,89210	3831,09520	39,40	11,44	37,32	4,52	7,31
23 desember 2016	39326,6823	15696,7273	6079,7844	12809,79530	3363,12450	1377,25080	39,91	15,46	32,57	8,55	3,50
24 desember 2016	22349,3532	9054,6215	5630,6979	4969,77200	1900,19220	794,06960	40,51	25,19	22,24	8,50	3,55
25 desember 2016	19283,8700	8890,14	5347,6737	3514,72150	1026,06720	505,26760	46,10	27,73	18,23	5,32	2,62
26 desember 2016	6310,0186	3409,3914	2060,3256	255,39210	584,90950	0,00000	54,03	32,65	4,05	9,27	0,00
27 desember 2016	8278,8731	4125,4217	2714,6281	256,57840	869,14960	313,09530	49,83	32,79	3,10	10,50	3,78
28 desember 2016	2902,1075	1661,0603	848,9000	95,91700	0,00000	296,22750	57,24	29,25	3,31	0,00	10,21

LAMPIRAN 6

Tanggal	KSO ₂
11 Juni 2004	39,657
12 Juni 2004	-13,0336
13 Juni 2004	288,1239
14 Juni 2004	-251,288
15 Juni 2004	65,1606
16 Juni 2004	55,9538
17 Juni 2004	63,9218
16-Nov-09	2,0054
17-Nov-09	-0,7653
18-Nov-09	-0,0461
19-Nov-09	6,2400
20-Nov-09	3,9168
21-Nov-09	8,7906
22-Nov-09	-21,8459
16 Juli 2010	-0,6894
17 Juli 2010	1,6819
18 Juli 2010	-18,9676
19 Juli 2010	6,129
20 Juli 2010	1,99
21 Juli 2010	0,2439
22 Juli 2010	-1,2158
06 Mei 2011	-47,7
7 Mei 2011	-7,6928
8 Mei 2011	6,2313
9 Mei 2011	3,8256

Tanggal	KSO ₂
10 Mei 2011	-50,1645
11 Mei 2011	15,3309
12 Mei 2011	17,169
12 Juni 2012	290,4102
13 Juni 2012	4,5114
14 Juni 2012	2,6151
15 Juni 2012	-0,5967
16 Juni 2012	-50,2962
17 Juni 2012	6,5274
22 Agustus 2012	33,5769
23 Agustus 2012	75,5248
24 Agustus 2012	44,1809
25 Agustus 2012	16,9596
26 Agustus 2012	-11,3744
27 Agustus 2012	94,7299
28 Agustus 2012	45,1333
3 Februari 2013	0,0095
4 Februari 2013	1,1748
5 Februari 2013	-3,683
6 Februari 2013	0,0055
7 Februari 2013	-0,2362
8 Februari 2013	0,5467
9 Februari 2013	0,2622
5 September 2016	1,1737
6 September 2016	1,2198
7 September 2016	1,3605
8 September 2016	1,785
9 September 2016	1,8959
10 September 2016	2,2557

Tanggal	KSO ₂
11 September 2016	3,2964
22 desember 2016	0,3728
23 desember 2016	0,422
24 desember 2016	0,4621
25 desember 2016	0,5418
26 desember 2016	0,5093
27 desember 2016	0,4044
28 desember 2016	0,2588



Penulis yang memiliki nama lengkap Setia Ningsih lahir di Mojokerto pada tanggal 29 Mei 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2006 di SDN Kintelan I Puri Mojokerto. Kemudian dilanjutkan di SMPN 1 Puri pada tahun 2006-2009. Adapun pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Sooko Mojokerto pada tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada Tahun 2013 dan terdaftar

dengan NRP 3313 100 046. Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL dan aktif sebagai asisten praktikum Kimia Lingkungan I dan Kimia Lingkungan II. Semasa kuliah, penulis terdaftar sebagai pengurus aktif Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS, Surabaya. Penulis menjabat sebagai Bendahara Al-Kaun HMTL periode kepengurusan 2014-2015 dan sebagai Bendahara Departemen Hubungan Luar HMTL pada periode kepengurusan 2015-2016. Selain itu penulis juga pernah berkontribusi sebagai Mentor di Al-Kaun HMTL ITS serta mengikuti program ITS Mengaji . Berbagai pelatihan serta seminar di bidang teknik lingkungan juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email ningsihsetia828@gmail.com.